K. Kroeker

Diss. Berlin

1892.

ÜBER

DIE ADSORPTION GELÖSTER KÖRPER DURCH KOHLE.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

VON DER

PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER

FRIEDRICH WILHELMS-UNIVERSITÄT ZU BERLIN

GENEHMIGT

UND

NEBST DEN BEIGEFÜGTEN THESEN ÖFFENTLICH ZU VERTHEIDIGEN

AM 23. APRIL 1892

VON

KONRAD KROEKER

AUS HERRNSTADT IN SCHLESIEN.

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

OPPONENTEN:

HERR **RICHARD SCHNEIDER**, CAND. MED.
HERR **CURT JUST**, APOTHEKER
HERR **FERDINAND BERNDT**, CAND. PHIL.

BERLIN

DRUCK VON SCHNEIDER & WANGERIN

S. O., KÖPNICKER-STR. 116.

Seiner lieben Mutter

sowie

dem Andenken

seines teuren Vaters

in kindlicher Dankbarkeit

gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41535713_0067

Es ist eine schon seit langer Zeit bekannte Thatsache, dass Körper, welche im Vergleich zu ihrer Masse viel Oberfläche haben, Gase auf derselben zu verdichten vermögen. Ganz besonders zeichnen sich durch diese Eigenschaft Platinschwamm und Holzkohle aus. Man beobachtete ferner, dass diese Körper, in irgend eine Lösung gebracht, ein ähnliches Vermögen zeigen, indem sie den gelösten Körper mehr oder weniger auf ihrer Oberfläche niederschlagen. Diese höchst bemerkenswerthe Eigenschaft ist vielfach der Gegenstand von Untersuchungen gewesen, namentlich ist der erstgenannte Fall: das Festhalten eines trockenen Gases an der Oberfläche fester Körper von verschiedenen Physikern eingehend untersucht worden, und man hat festgestellt, dass diese Erscheinung, welche man auf den Vorschlag des Herrn E. du Bois-Reymond Adsorption nennt, abhängig ist von der Temperatur und dem Druck, unter welchem sich das betreffende Gas befindet. Dagegen hat man sich bis jetzt in der Untersuchung des zweiten Falles immer nur auf die einfache Feststellung der Thatsache beschränkt; systematische Versuche zur Ermittelung der dabei auftretenden Gesetzmässigkeiten sind bis jetzt noch nicht angestellt worden.

Die folgende Arbeit enthält eine Reihe von Versuchen, die ausgeführt wurden, um zu ermitteln, ob bezüglich der Adsorption gelöster Stoffe durch Kohle bestimmte Beziehungen erkennbar sind. Es soll sodann gezeigt werden, welche Schlüsse sich aus dem gewonnenen Beobachtungsmaterial ziehen lassen, und wie die sich ergebende Gesetzmässigkeit bis zu einer gewissen Grenze mathematisch formuliert werden kann.

Experimenteller Teil.

Ausführung der Versuche.

Es kamen bei den Versuchen drei verschiedene Arten von Kohle in Anwendung. Die erste Art war von mir durch Verkohlen von Zucker dargestellt worden. Die zweite Art Kohle war nach einem von Herrn Dr. Paul Degener angegebenen Verfahren aus Abfällen der Cellulose-Fabrikation dargestellt worden. Die Holzfaser wird dabei mit Kali- oder Natronlauge ausgekocht, die Lösung eingedampft und calciniert. Die nach dem Auswaschen mit Wasser erhaltene Kohle wäscht man nochmals mit etwas Salzsäure aus und glüht sie unter Luftabschluss. Die dritte Art Kohle war gewonnen worden durch Verkohlen von Blut. Für die Folge werden die verschiedenen Arten von Kohle kurz mit „Zuckerkohle", „Pflanzenkohle" und „Blutkohle" bezeichnet werden. Jede der bezeichneten Kohlenarten wurde vor der Benutzung mit starker Chlorwasserstoffsäure ausgekocht und hierauf mit destillirtem Wasser bis zum Verschwinden der Chlorreaction ausgewaschen. Unmittelbar vor der Benutzung wurde die Kohle in bedeckten Porzellantiegeln ungefähr 5 Minuten geglüht. Das Volumengewicht war durch Wägung in einem Pyknometer bestimmt worden. Es ergab sich für Zuckerkohle das Volumengewicht $s = 1{,}606$, für Pflanzenkohle $s = 1{,}722$, für Blutkohle $s = 1{,}597$.

Die in der eben beschriebenen Weise präparirte Kohle brachte man in ein verschliessbares Glasgefäss — Stöpselkolben oder Stöpselflasche — liess eine bestimmte Anzahl Cubiccentimeter der betreffenden Lösung zufliessen nnd schüttelte das Ganze häufig, um

eine gleichmässige Wirkung der Kohle auf alle Teile der Flüssigkeit herbeizuführen. Nach den bei den einzelnen Versuchsreihen angegebenen Zeiten wurden mit einer Messpipette 5 oder 10 ccm Lösung herausgehoben und entweder massanalytisch oder gewichtsanalytisch untersucht. Um den Gehalt der Lösung auch in Gewichtsprocenten angeben zu können, wurde von jeder Lösung durch Wägung in einem Sprengelschen Pyknometer das Volumengewicht bestimmt. Massgefässe, Büretten und Pipetten waren, soweit sie bei den Analysen zur Verwendung kamen, durch Auswägen möglichst genau calibriert worden.

Die Versuche erstreckten sich im ganzen auf 18 Lösungen. Es wurde die Adsorption gemessen in:

Gruppe I
1) Chlorwasser
2) Bromwasser
3) Alkoholischer Jodlösung
4) Lösung von Jod in Essigsäure

Gruppe II
5) Chlorwasserstoffsäure
6) Schwefelsäure

Gruppe III
7) Wässrigem Ammoniak
8) Wässriger Kalilauge
9) Wässriger Natronlauge
10) Barytwasser

Gruppe IV
11) Jodkalium-Lösung
12) Bromkalium-Lösung
13) Chlorkalium-Lösung
14) Kaliumsulfat-Lösung
15 Jodnatrium-Lösung
16) Bromnatrium-Lösung
17) Chlornatrium-Lösung
18) Natriumsulfat-Lösung.

Die ersten Versuche waren ausgeführt worden mit Bromwasser, im übrigen wurden die Versuche zeitlich in der angegebenen Reihenfolge angestellt, dieselben sollen auch in dieser Ordnung beschrieben werden. Bei den Lösungen der Gruppe I wendete ich in erster Linie Pflanzenkohle, in zweiter Linie Zuckerkohle an; bei den Lösungen der übrigen Gruppen kam hauptsächlich Blutkohle zur Anwendung, Pflanzenkohle wurde nur wenig zu den Versuchen verwendet, Zuckerkohle gar nicht. Sämmtliche Versuche wurden bei 20° C. ausgeführt.

Ergebnis der Versuche.

Gruppe I (Chlorwasser, Bromwasser, Jodlösungen).

1. Bromwasser.

a) Bestimmung der Abhängigkeit der Adsorption von der Zeitdauer der Berührung.

Es lag zunächst daran, festzustellen, ob ein Gleichgewichtszustand eintritt und innerhalb welcher Zeit dies geschieht. Zu dem Ende wurden drei Versuche angestellt. Es kam dabei Bromwasser der verschiedensten Concentration zur Anwendung, desgleichen waren auch die angewendeten Kohlenmengen verschieden. Die Ausführung der Versuche geschah in der angegebenen Weise. Die Versuchsflüssigkeiten wurden in einem dunklen Raum aufbewahrt; zu den analytischen Bestimmungen dienten je 5 ccm Lösung, welche man in Jodkalium-Lösung fliessen liess, worauf das sich ausscheidende Jod mit unterschwefligsaurem Natron titriert wurde. Diese Versuche, bei denen sich eine stetige Abnahme des Bromgehaltes ergab, setzte man mehrere Wochen lang fort, wobei von Tag zu Tage die aus dem abnehmenden Bromgehalt der noch vorhandenen Lösung sich ergebende Adsorption berechnet wurde. Die Resultate der Beobachtungen sind in folgenden Tabellen zusammengestellt.

Versuch I, 1,869 g Pflanzenkohle.

No.	Dauer der Berührung.	Volumen der vorhandenen Lösung.	Bromgehalt von 100 ccm vor der Adsorption.	Bromgehalt der ganzen Lösung vor der Ads.	Bromgehalt der ganzen Lösung nach der Ads.	Adsorbiertes Brom.
1	2 Tage	500 ccm	1,024 g	5,120 g	4,057 g	1,063 g
2	3 „	495 „	0,811 „	4,017 „	3,857 „	0,160 „
3	4 „	490 „	0,779 „	3,818 „	3,755 „	0,063 „
4	5 „	485 „	0,766 „	3,717 „	3,717 „	0,000 „
5	7 „	480 „	0,766 „	3,678 „	3,493 „	0,185 „
6	8 „	475 „	0,728 „	3,457 „	3,357 „	0,100 „
7	9 „	470 „	0,707 „	3,322 „	3,306 „	0,016 „
8	10 „	460 „	0,703 „	3,236 „	3,216 „	0,020 „
9	11 „	455 „	0,699 „	3,181 „	3,153 „	0,028 „
10	12 „	450 „	0,694 „	3,118 „	3,070 „	0,048 „
11	14 „	445 „	0,687 „	3,035 „	3,009 „	0,026 „
12	15 „	440 „	0,676 „	2,975 „	2,958 „	0,017 „

No.	Dauer der Berührung.	Volumen der vorhandenen Lösung.	Bromgehalt von 100 ccm vor der Adsorption.	Bromgehalt der ganzen Lösung vor der Ads.	Bromgehalt der ganzen Lösung nach der Ads.	Adsorbiertes Brom.
13	16 Tage	435 ccm	0,672 g	2,925 g	2,903 g	0,022 g
14	17 „	430 „	0,667 „	2,870 „	2,852 „	0,018 „
15	18 „	425 „	0,663 „	2,819 „	2,750 „	0,069 „
16	19 „	420 „	0,647 „	2,718 „	2,691 „	0,027 „
17	21 „	410 „	0,639 „	2,627 „	2,581 „	0,046 „
18	22 „	400 „	0,629 „	2,518 „	2,496 „	0,022 „
19	23 „	390 „	0,624 „	2,434 „	2,415 „	0,018 „
20	24 „	380 „	0,619 „	2,353 „	2,312 „	0,041 „
21	25 „	370 „	0,608 „	2,251 „	2,251 „	0,000 „
22	26 „	360 „	0,608 „	2,190 „	2,168 „	0,023 „

Versuch II, 2,914 g Pflanzenkohle.

No.	Dauer der Berührung.	Volumen der vorhandenen Lösung.	Bromgehalt von 100 ccm vor der Adsorption.	Bromgehalt der ganzen Lösung vor der Ads.	Bromgehalt der ganzen Lösung nach der Ads.	Adsorbiertes Brom.
1	2 Tage	500 ccm	1,024 g	5,120 g	3,413 g	1,707 g
2	3 „	495 „	0,783 „	3,379 „	3,251 „	0,128 „
3	4 „	490 „	0,657 „	3,219 „	3,156 „	0,063 „
4	5 „	485 „	0,644 „	3,123 „	2,967 „	0,156 „
5	7 „	480 „	0,612 „	2,937 „	2,875 „	0,062 „
6	8 „	470 „	0,599 „	2,815 „	2,679 „	0,136 „
7	9 „	465 „	0,570 „	2,650 „	2,650 „	0,000 „
8	10 „	460 „	0,570 „	2,622 „	2,602 „	0,020 „
9	11 „	455 „	0,566 „	2,573 „	2,541 „	0,032 „
10	12 „	450 „	0,558 „	2,512 „	2,497 „	0,015 „
11	14 „	445 „	0,555 „	2,469 „	2,430 „	0,039 „
12	15 „	440 „	0,546 „	2,403 „	2,389 „	0,014 „
13	16 „	435 „	0,543 „	2,361 „	2,297 „	0,064 „
14	17 „	430 „	0,528 „	2,271 „	2,240 „	0,030 „
15	18 „	425 „	0,521 „	2,214 „	2,190 „	0,024 „
16	19 „	415 „	0,498 „	2,138 „	2,068 „	0,069 „
17	21 „	410 „	0,498 „	2,044 „	2,014 „	0,029 „
18	22 „	400 „	0,491 „	1,964 „	1,946 „	0,018 „
19	23 „	390 „	0,486 „	1,897 „	1,843 „	0,054 „
20	24 „	380 „	0,472 „	1,796 „	1,756 „	0,040 „
21	25 „	370 „	0,462 „	1,709 „	1,650 „	0,059 „
22	26 „	360 „	0,446 „	1,606 „	1,588 „	0,018 „

Versuch III, 1,558 g Pflanzenkohle.

No.	Dauer der Berührung.	Volumen der vorhandenen Lösung.	Bromgehalt von 100 ccm vor der Adsorption.	Bromgehalt der ganzen Lösung vor der Ads.	Bromgehalt der ganzen Lösung nach der Ads.	Adsorbiertes Brom.
1	1 Tag	250 ccm	1,320 g	3.300 g	2,020 g	1,280 g
2	2 „	245 „	0,808 „	1,980 „	1,822 „	0,158 „
3	3 „	240 „	0,744 „	1,785 „	1,708 „	0,077 „
4	4 „	235 „	0,712 „	1,672 „	1,631 „	0,041 „
5	5 „	230 „	0,694 „	1,597 „	1,566 „	0,031 „
6	6 „	225 „	0,680 „	1,532 „	1,492 „	0,039 „
7	8 „	220 „	0,663 „	1,459 „	1,459 „	0,000 „
8	9 „	215 „	0,663 „	1,426 „	1,367 „	0,059 „
9	10 „	210 „	0,635 „	1,335 „	1,291 „	0,044 „
10	11 „	205 „	0,615 „	1,261 „	1,251 „	0,010 „
11	12 „	200 „	0,610 „	1,220 „	1,220 „	0,000 „
12	13 „	195 „	0,610 „	1,190 „	1,146 „	0,043 „
13	15 „	190 „	0,588 „	1,117 „	1,077 „	0,040 „
14	16 „	185 „	0,567 „	1,048 „	1,025 „	0,024 „
15	17 „	180 „	0,554 „	0,997 „	0,974 „	0,023 „
16	18 „	175 „	0,540 „	0,477 „	0,895 „	0,051 „
17	19 „	170 „	0,512 „	0,870 „	0,840 „	0,030 „
18	20 „	165 „	0,494 „	0,815 „	0,808 „	0,007 „
19	22 „	160 „	0,489 „	0,784 „	0,759 „	0,025 „
20	23 „	155 „	0,474 „	0,735 „	0,719 „	0,016 „
21	24 „	150 „	0,464 „	0,695 „	0,655 „	0,040 „

Die Einrichtung der Tabellen ist aus den Ueberschriften der einzelnen Columnen ersichtlich.

Man sieht, dass bei jedem Versuch die grösste Adsorptionswirkung innerhalb des ersten Tages stattfand, ja es war sogar aus der eintretenden Verminderung der Färbung wahrzunehmen, dass dieselbe sofort eintrat. An den folgenden Tagen nahm der Bromgehalt der Lösung noch merklich ab, ohne dass aber ein Stillstand zu bemerken gewesen wäre. Dieser Umstand legte die Vermutung nahe, dass die stetige Abnahme des Bromgehalts der Lösung zuletzt nicht mehr auf eine Adsorption der Kohle, sondern auf anderweitige Verluste zurückzuführen sei. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass die Zersetzung von Wasser unter Bildung von Bromwasserstoffsäure zum Teil die Ursache der Verluste ist, sodann scheint der Verlust an Brom auch eine Folge der Unbeständigkeit der Lösung zu sein, indem jedesmal bei dem Oeffnen des Stöpsels merkliche Mengen

von Bromdämpfen aus dem Gefäss entwichen. Um für diese Erscheinung einige Anhaltspunkte zu haben, wurden in einen Kolben 100 ccm Bromlösung gebracht und dieselbe von Tag zu Tage titriert. Die dabei gewonnenen Resultate sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

No.	Zeitraum nach dem Beginn des Versuchs.	Volumen der vorhandenen Lösung.	Ursprünglicher Bromgehalt der Lösung.	Bromgehalt der Lösung nach der angegebenen Zeit.	Fehlendes Brom.
1	1 Tag	100 ccm	1,660 g	1,582 g	0,078 g
2	2 „	95 „	1,503 „	1,491 „	0,012 „
3	3 „	90 „	1,412 „	1,379 „	0,033 „
4	4 „	85 „	1,302 „	1,281 „	0,021 „
5	5 „	80 „	1,205 „	1,203 „	0,002 „
6	6 „	75 „	1,128 „	1,114 „	0,014 „
7	8 „	70 „	1,040 „	1,024 „	0,016 „

Die Zahlen, welche den täglichen Verlust des Bromwassers an Brom ausdrücken, sind von derselben Ordnung wie die in den Tabellen I-III von No. 7 an wiedergegebenen, welche angeblich die Vermehrung der Adsorption anzeigen. Es wurde auf Grund dessen für die oben angegebenen Versuche angenommen, dass die Adsorption in der Hauptsache nach ca. 7 Tagen beendigt war. Demgemäss liess man bei allen übrigen Versuchen die Kohle mindestens eine Woche mit der Flüssigkeit in Berührung.

b. Bestimmung der Abhängigkeit der Adsorption von der angewendeten Menge Kohle.

Bei Ausführung dieser Versuche wurden in je 100 ccm Bromwasser von derselben Concentration verschiedene Mengen Kohle gebracht und nach achttägigem Stehen die Adsorption gemessen. Die Resultate sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

A. Pflanzenkohle, Procentgehalt der Lösung: p = 3,247 g Br.

No.	Angewendete Kohlenmenge.	Bromgehalt der Lösung vor der Ads.	Bromgehalt der Lösung nach der Ads.	Adsorbiertes Brom.	Adsorption für 1,0 g Kohle.
1	0,618 g	3,318 g	3,175 g	1,143 g	1,849 g
2	1,132 „	3,318 „	1,936 „	1,382 „	1,221 „
3	1,564 „	3,318 „	1,488 „	1,830 „	1,170 „
4	2,057 „	3,318 „	1,123 „	2,195 „	1,067 „
5	2,560 „	3,318 „	0,849 „	2,469 „	0,907 „
6	3,987 „	3,318 „	0,323 „	2,995 „	0,751 „
7	5,637 „	3,318 „	0,029 „	3,289 „	0,583 „

B. Zuckerkohle, Procentgehalt der Lösung: p = 3,074 g Br.

No.	Angewendete Kohlenmenge.	Bromgehalt der Lösung vor der Ads.	Bromgehalt der Lösung nach der Ads.	Adsorbiertes Brom.	Adsorption für 1,0 g Kohle.
1	1,198 g	3,137 g	1,978 g	1,159 g	0,967 „
2	2,091 „	3,137 „	1,323 „	1,814 „	0,867 „
3	4,773 „	3,137 „	0,341 „	2,796 „	0,585 „
4	8,125 „	3,137 „	0,010 „	3,127 „	0,385 „

Die schon oben hervorgehobene Unbeständigkeit der Lösung machte sich leider auch bei diesen Versuchen sehr störend bemerkbar und die Genauigkeit dürfte sich kaum weiter als auf die erste Decimale erstrecken. Berechnet man aus den einzelnen Versuchen die Adsorption für 1,0 g Kohle, so ergeben sich die in der letzten Columne stehenden Zahlen. Dieselben zeigen, dass die Adsorption nicht proportional der angewendeten Kohlenmenge ist, sondern für steigende Kohlenmengen regelmässig abnimmt. Trägt man auf einem rechtwinkligen Coordinatensystem die angewendeten Kohlenmengen als Abscissen, die zugehörigen Adsorptionen als Ordinaten ab, so erhält man zuerst steil ansteigende, schliesslich asymptotisch zur Abscissenaxe verlaufende Curven.

c. Bestimmung der Abhängigkeit der Adsorption von der Menge des vorhandenen Lösungsmittels.

Bei Ausführung dieser Versuche brachte man je 100 g Pflanzenkohle mit 50, 100, 200 etc. ccm Wasser zusammen und liess in jedes Gefäss 50 ccm Bromwasser von derselben Concentration zufliessen. Nach achttägigem Stehen wurden die Lösungen titriert. Die Resultate sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

No.	Angewendete Kohlenmenge.	Volumen der Lösung.	Bromgehalt von 100 ccm vor der Ads.	Bromgehalt der ganzen Lösung vor der Ads.	Bromgehalt der ganzen Lösung nach der Ads.	Adsorbiertes Brom.
1	1,028 g	50 ccm	3,316 g	1,658 g	0,525 g	1,133 g
2	1,069 „	250 „	0,664 „	1,658 „	0,349 „	1,309 „
3	1,023 „	350 „	0,474 „	1,660 „	0,564 „	1,096 „
4	0,973 „	400 „	0,415 „	1,661 „	0,570 „	1,091 „
5	0,988 „	500 „	0,332 „	1,658 „	0,620 „	1,038 „
6	1,031 „	1000 „	0,166 „	1,659 „	0,291 „	1,368 „

Die vorstehenden Resultate sind so unregelmässig, dass man keinerlei Schlüsse daraus ziehen kann. Es scheint, als ob die schon oben hervorgehobenen Fehlerquellen auch hier von Einfluss gewesen sind.

2. Chlorwasser.

Es wurden keine besonderen Versuche über die Zeitdauer der Adsorption gemacht; auf Grund der bei Bromwasser gemachten Erfahrungen konnte man mit Sicherheit annehmen, dass die Adsorption innerhalb 8 Tagen beendigt ist.

Es sollte die Abhängigkeit der Adsorption von der angewendeten Kohlenmenge festgestellt werden. Bei Ausführung der Versuche wurden je 100 ccm Lösung mit verschiedenen Mengen Kohle zusammengebracht und das Gefäss acht Tage im Dunkeln aufbewahrt. Bei der darauf ausgeführten Analyse der Lösung nahm man auch auf etwa vorhandene Chlorwasserstoffsäure Bedacht. Am folgenden Tage wurden die Lösungen noch einmal titriert, um zu sehen, ob noch eine Adsorption stattgefunden habe, oder ob dieselbe beendigt war. Die Beobachtungen sind in folgenden Tabellen zusammengestellt. Die erste Zeile giebt das Resultat der ersten Titration, die zweite das der zweiten Titration an. In der vorletzten Columne ist angegeben, wie viel Chlor sich in der Lösung als Chlorwasserstoffsäure wiederfand.

A. Pflanzenkohle, Procentgehalt der Lösung: p = 0,540 % Cl.

No.	Titration.	Angewendete Kohlenmenge.	Volumen der vorhand. Lösung.	Chlorgehalt d. Lösung vor der A.	Chlorgehalt d. Lösung nach der A.	Adsorbiertes Chlor.	Zur HCl-Bild. verbrauchtes Chlor.	Adsorption für 1,0g Kohle.
1	I	0,071 g	100 ccm	0,541 g	0,260 g	0,281 g	0,264 g	3,958 g
	II	„ „	90 „	0,234 „	0,201 „	0,033 „	0,030 „	„ „
2	I	0,218 „	100 „	0,541 „	0,083 „	0,458 „	0,432 „	2,101 „
	II	„ „	90 „	0,075 „	0,034 „	0,041 „	0,000 „	
3	I	0,426 „	100 „	0,541 „	0,073 „	0,468 „	0,432 „	1,099 „
	II	„ „	90 „	0,066 „	0,020 „	0,046 „	0,033 „	
4	I	0,694 „	100 „	0,541 „	0,043 „	0,498 „	0,432 „	0,717 „
	II	„ „	90 „	0,038 „	0,012 „	0,026 „	0,033 „	
5	I	1,184 „	100 „	0,541 „	0,021 „	0,520 „	0,376 „	0,439 „
	II	„ „	90 „	0,019 „	0,005 „	0,013 „	0,087 „	
6	I	1,722 „	100 „	0,541 „	0,001 „	0,540 „	0,481 „	0,313 „
	II	„ „	90 „	0,0005 „	0,0005 „	0,000 „	0,000 „	

B. Zuckerkohle, Procentgehalt der Lösung: p = 0,503 % Cl.

No.	Titration.	Angewendete Kohlenmenge.	Volumen der vorhand. Lösung.	Chlorgehalt d. Lösung vor der A.	Chlorgehalt d. Lösung nach der A.	Adsorbiertes Chlor.	Zur HCl-Bild. verbrauchtes Chlor.	Adsorption für 1,0g Kohle.
1	I	0.0755 g	100 ccm	0,504 g	0,411 g	0,093 g	0,055 g	1,240 g
	II	„ „	90 „	0,370 „	0,339 „	0,031 „	0,008 „	
2	I	0,134 „	100 „	0,504 „	0,376 „	0,128 „	0,087 „	0,955 „
	II	„ „	90 „	0,338 „	0,274 „	0,064 „	0,000 „	
3	I	0,166 „	100 „	0,504 „	0,341 „	0,163 „	0,104 „	0,981 „
	II	„ „	90 „	0.307 „	0,268 „	0,039 „	0,012 „	
4	I	0,205 „	100 „	0,504 „	0,326 „	0,178 „	0,144 „	0,868 „
	II	„ „	90 „	0,293 „	0,279 „	0,014 „	0,000 „	
5	I	0,337 „	100 „	0,504 „	0,232 „	0,271 „	0,163 „	0,804 „
	II		90 „	0,209 „	0,156 „	0,053 „	0,000 „	
6	I	0,388 „	100 „	0,504 „	0,223 „	0,281 „	0,216 „	0,724 „
	II	„ „	90 „	0,201 „	0,142 „	0,059 „	0,058 „	
7	I	0,756 „	100 „	0,504 „	0,068 „	0,436 „	0,327 „	0,576 „
	II	„ „	90 „	0,061 „	0,032 „	0,039 „	0,027 „	
8	I	1,501 „	100 „	0,504 „	0,033 „	0,471 „	0,358 „	0,313 „
	II	„ „	90 „	0,029 „	0,008 „	0,021 „	0,017 „	

Die in der Lösung vorhandene Chlorwasserstoffsäure wurde nach Entfernung des Chlors durch Ausschütteln mit Quecksilber mit $^1/_{10}$ normaler Kalilauge titriert. Es machte sich bei den Versuchen ebenso wie bei Bromwasser die Unbeständigkeit der Lösung störend geltend und es ist wahrscheinlich, dass die bei der zweiten Titration sich ergebende Abnahme des Chlorgehalts nur eine Folge von Verdunstung ist. Sehr bemerkenswert ist der Umstand, dass fast das ganze aus der Lösung verschwundene Chlor sich in derselben als Chlorwasserstoffsäure wiederfindet, während in der ursprünglichen Lösung, die in demselben Raum aufbewahrt wurde, kaum eine Zunahme an Chlorwasserstoffsäure zu bemerken war. Diese Erscheinung, die auch von Graham*) beobachtet wurde, steht offenbar in einem ursächlichen Zusammenhange mit der Kohle. Man kann annehmen, dass das auf der Kohle verdichtete Chlor besonders wirksam gegen Wasser ist; die dabei sich bildende Chlorwasserstoffsäure wird, wie später gezeigt werden soll, von der Kohle fast gar nicht adsorbiert und geht in Folge dessen in Lösung. Trägt man auf einem recht-

*) Graham: Poggendorffs Annalen 1830, Bd. 19 pag. 145.

winkligen Coordinatensystem die angewendeten Kohlenmengen als Abscissen, die entsprechenden Adsorptionen als Ordinaten ab, so erhält man Kurven von der schon unter Bromwasser characterisierten Gestalt. Berechnet man aus den einzelnen Versuchen die Adsorption für 1,0 g Kohle, so zeigt sich, dass dieselbe für steigende Kohlenmengen regelmässig abnimmt.

3. Alkoholische Jodlösung.

Bei den Versuchen, die Zahlenverhältnisse zu bestimmen, in welchen Jod von Kohle adsorbiert wird, musste von der Benutzung des sonst gebräuchlichsten Lösungsmittels, der Jodkalium-Lösung, abgesehen werden, da nicht festgestellt war, in welcher Weise die Resultate durch die Anwesenheit des Jodkaliums modificirt werden. Die Versuche wurden daher mit alkoholischer und essigsaurer Jodlösung ausgeführt.

Auf Grund der früheren Beobachtungen wurde ebenso wie bei Chlorwasser angenommen, dass die Adsorptionen innerhalb einer Woche beendigt seien. Man liess daher sämmtliche Versuchsflüssigkeiten acht Tage stehen, bevor der Jodgehalt der Lösungen durch Titration mit unterschwefligsaurem Natron gemessen wurde. Ein oder zwei Tage nach der ersten Titration wiederholte man die Jodbestimmung, um festzustellen, ob noch eine merkliche Adsorption stattgefunden habe. Die Versuche mit Pflanzenkohle erstreckten sich auf Lösungen von 4 verschiedenen Concentrationen, die mit Zuckerkohle auf Lösungen von 3 verschiedenen Concentrationen. Die Resultate der Beobachtungen sind in folgenden Tabellen zusammengtstellt. Die erste Zeile giebt das Resultat der ersten Titration, die zweite das der zweiten Titration an.

A. Pflanzenkohle, 1. Procentgehalt der Lösung: p = 2,149% J.

No.	Titration.	Angewendete Kohlenmenge.	Volumen der Lösung.	Jodgehalt der Lösung vor der Adsorpt.	Jodgehalt der Lösung nach der Adsorpt.	Adsorbiertes Jod.	Adsorption für 1,0 g Kohle.
1	I	1,400 g	100 ccm	1,767 g	1,181 g	0,586 g	0,418 g
	II	„ „	95 „	1,122 „	1,113 „	0,009 „	
2	I	2,120 „	100 „	1,767 „	0,916 „	0,851 „	0,401 „
	II	„ „	95 „	0,870 „	0,865 „	0,004 „	
3	I	3,328 „	100 „	1,767 „	0,618 „	1,149 „	0,345 „
	II		95 „	0,587 „	0,613 „	0,025 „	

No.	Titration.	Angewendete Kohlenmenge.	Volumen der Lösung.	Jodgehalt der Lösung vor der Adsorpt.	Jodgehalt der Lösung nach der Adsorpt.	Adsorbiertes Jod.	Adsorption für 1,0 g Kohle.
4	I	5,820 g	100 ccm	1,767 g	0,335 g	1,432 g	0,246 g
	II	„ „	95 „	0,318 „	0,331 „	0,013 „	
5	I	8,350 „	100 „	1,767 „	0,158 „	1,609 „	0,192 „
	II		95 „	0,150 „	0,150 „	0,000 „	

2. Procentgehalt der Lösung: p = 1,124 % J.

No.	Titration.	Angewendete Kohlenmenge.	Volumen der Lösung.	Jodgehalt der Lösung vor der Adsorpt.	Jodgehalt der Lösung nach der Adsorpt.	Adsorbiertes Jod.	Adsorption für 1,0 g Kohle.
1	I	0,468 g	100 ccm	0,916 g	0,716 g	0,200 g	0,427 g
	II	„ „	95 „	0,680 „	0,676 „	0,004 „	
2	I	0,754 „	100 „	0,916 „	0,628 „	0,288 „	0,382 „
	II	„ „	95 „	0,596 „	0,583 „	0,013 „	
3	I	2,501 „	100 „	0,916 „	0,274 „	0,641 „	0,256 „
	II	„ „	95 „	0,261 „	0,265 „	- 0,004 „	
4	I	4,508 „	100 „	0,916 „	0,125 „	0,791 „	0,175 „
	II	„ „	95 „	0,119 „	0,110 „	0,009 „	

3. Procentgehalt der Lösung: p = 0,704 % J.

No.	Titration.	Angewendete Kohlenmenge.	Volumen der Lösung.	Jodgehalt der Lösung vor der Adsorpt.	Jodgehalt der Lösung nach der Adsorpt.	Adsorbiertes Jod.	Adsorption für 1,0 g Kohle.
1	I	0,260 g	100 ccm	0,572 g	0,474 g	0,098 g	0,377 g
	II	„ „	95 „	0,450 „	0,448 „	0,002 „	
2	I	0,436 „	100 „	0,572 „	0,411 „	0,161 „	0,369 „
	II	„ „	95 „	0,390 „	0,386 „	0,006 „	
3	I	0,628 „	100 „	0,572 „	0,358 „	0,214 „	0,341 „
	II	„ „	95 „	0,340 „	0,340 „	0,000 „	
4	I	1,034 „	100 „	0,572 „	0,268 „	0,304 „	0,294
	II	„ „	95 „	0,255 „	0,255 „	0,000 „	
5	I	2,003 „	100 „	0,572 „	0,127 „	0,445 „	0,222 „
	II	„ „	95 „	0,121 „	0,121 „	0,000 „	

4. Procentgehalt der Lösung: p = 0,529 % J.

No.	Titration.	Angewendete Kohlenmenge.	Volumen der vorh. Lösung.	Jodgehalt der Lösung vor der Adsorpt.	Jodgehalt der Lösung nach der Adsorpt.	Adsorbiertes Jod.	Adsorption für 1,0 g Kohle.
1	I	0,246 g	100 ccm	0,429 g	0,340 g	0,089 g	0,362 g
	II	„ „	95 „	0,323 „	0,318 „	0,005 „	
2	I	0,572 „	100 „	0,429 „	0,244 „	0,185 „	0,323 „
	II	„ „	95 „	0,231 „	0,233 „	-0,002 „	
3	I	0,885 „	100 „	0,429 „	0,176 „	0,253 „	0,286 „
	II	„ „	95 „	0,168 „	0,170 „	-0,002 „	
4	I	1,243 „	100 „	0,429 „	0,134 „	0,295 „	0,237 „
	II	„ „	95 „	0,125 „	0,123 „	0,002 „	
5	I	1,901 „	100 „	0,429 „	0,067 „	0,362 „	0,194 „
	II	„ „	95 „	0,063 „	0,063 „	0,000 „	

B. Zuckerkohle; 1. Procentgehalt der Lösung: p = 2,155 % J.

No.	Titration.	Angewendete Kohlenmenge.	Volumen der vorh. Lösung.	Jodgehalt der Lösung vor der Adsorpt.	Jodgehalt der Lösung nach der Adsorpt.	Adsorbiertes Jod.	Adsorption für 1,0 g Kohle.
1	I	0,998 g	100 ccm	1,772 g	1,362 g	0,410 g	0,410 g
	II	„ „	95 „	1,294 „	1,294 „	0,000 „	
2	I	1,496 „	100 ccm	1,772 „	1,204 „	0,568 „	0,379 „
	II	„ „	95 „	1,144 „	1,144 „	0,000 „	
3	I	2,000 „	100 „	1,772 „	0,974 „	0,798 „	0,399 „
	II		95 „	0,926 „	0,926 „	0,000 „	

2. Procentgehalt der Lösung: p = 1,101 % J.

No.	Titration.	Angewendete Kohlenmenge.	Volumen der vorh. Lösung.	Jodgehalt der Lösung vor der Adsorpt.	Jodgehalt der Lösung nach der Adsorpt.	Adsorbiertes Jod.	Adsorption für 1,0 g Kohle.
1	I	0,501 g	100 ccm	0,897 g	0,698 g	0,199 g	0,397 g
	II	„ „	95 „	0,663 „	0,663 „	0,000 „	
2	I	0,751 „	100 „	0,897 „	0,626 „	0,271 „	0,361 „
	II	„ „	95 „	0,594 „	0,594 „	0,000 „	
3	I	1,498 „	100 „	0,897 „	0,430 „	0,467 „	0,312 „
	II	„ „	95 „	0,409 „	0,409 „	0,000 „	

3. Procentgehalt der Lösung: p = 0,573 % J.

No.	Titration.	Angewendete Kohlenmenge.	Volumen der vorh. Lösung.	Jodgehalt der Lösung vor der Adsorpt.	Jodgehalt der Lösung nach der Adsorpt.	Adsorbiertes Jod.	Adsorption für 1,0 g Kohle.
1	I	0,376 g	100 ccm	0,465 g	0,335 g	0,130 g	0,346 g
	II	„ „	95 „	0,318 „	0,313 „	0,005 „	

Wie man sieht, ist thatsächlich bei der zweiten Titration der Jodgehalt entweder derselbe, wie bei der ersten, oder doch nur um Weniges verschieden, woraus wir folgern können, dass die Adsorptionen auf 0,01—0,02 g genau festgestellt sind. Berechnet man aus jedem Versuch die Adsorption für 1,0 g Kohle, so erhält man die in den letzten Columnen wiedergegebenen Zahlen. Dieselben lassen erkennen, dass für einerlei Lösung die Adsorption nicht proportional der angewendeten Kohlenmenge ist, sondern für steigende Kohlenmengen regelmässig abnimmt.

Berechnen wir aus den experimentell ermittelten Adsorptionen durch Interpolation, indem wir die zwischen zwei Beobachtungen liegende Strecke als gradlinig ansehen, die Adsorption für die übrigen Kohlenmengen und stellen die von gleichen Kohlenmengen in den Lösungen verschiedener Concentration bewirkten Adsorptionen nebeneinander, so erhalten wir ein Bild davon, wie die Adsorption von der Concentration abhängig ist.

Pflanzenkohle.

Angewendete Kohlenmenge	Adsorption in einer Lösung vom Procentgehalt:			
	p = 2,149 %	p = 1,124 %	p = 0,704 %	p = 0,529 %
0,500 g	0,239 g	0,215 g	0,182 g	0,163 g
1,000 „	0,425 „	0,354 „	0,296 „	0,265 „
1,500 „	0,630 „	0,485 „	0,360 „	0,314 „
2,000 „	0,812 „	0,583 „	0,445 „	0,364 „
2,500 „	0,938 „	0,637 „		
3,000 „	1,048 „	0,677 „		
3,500 „	1,142 „	0,718 „		
4,000 „	1,201 „	0,759 „		

4. Jod in Eisessig gelöst.

Die Ausführung der Versuche war genau dieselbe wie die auf S. 15 unter 3. beschriebene; die Resultate der Beobachtungen sind in folgenden Tabellen zusammengestellt.

A. Pflanzenkohle.

1. Procentgehalt der Lösung: p = 1,695 % J.

No.	Titration.	Angewendete Kohlenmenge.	Volumen der vorhand. Lösung.	Jodgehalt der Lösung vor der Adsorpt.	Jodgehalt der Lösung nach der Adsorpt.	Adsorbiertes Jod.	Adsorption für 1,0 g Kohle.
1	I	0,951 g	100 ccm	1,804 g	1,209 g	0,595 g	0,625 g
	II	„ „	95 „	1,148 „	1,157 „	-0,009 „	
2	I	1,411 „	100 „	1,804 „	0,962 „	0,842 „	0,596 „
	II	„ „	95 „	0,914 „	0,910 „	0,004 „	
3	I	2,161 „	100 „	1,804 „	0,679 „	1,125 „	0,520 „
	II	„ „	95 „	0,645 „	0,627 „	0,018 „	
4	I	2,773 „	100 „	1,804 „	0,527 „	1,277 „	0,460 „
	II	„ „	95 „	0,501 „	0,495 „	0,006 „	
5	I	5,152 „	100 „	1,804 „	0,214 g	1,590 „	0,303 „
	II	„ „	95 „	0,203 „	0,190 „	0,013 „	

2. Procentgehalt der Lösung: p = 0,836 % J.

No.	Titration.	Angewendete Kohlenmenge.	Volumen der vorhand. Lösung.	Jodgehalt der Lösung vor der Adsorpt.	Jodgehalt der Lösung nach der Adsorpt.	Adsorbiertes Jod.	Adsorption für 1,0 g Kohle.
1	I	0,372 g	100 ccm	0,883 g	0,707 g	0,176 g	0,473 g
	II	„ „	95 „	0,671 „	0,658 „	0,013 „	
2	I	1,252 „	100 „	0,883 „	0,349 „	0,534 „	0,426 „
	II	„ „	95 „	0,331 „	0,336 „	-0,005 „	
3	I	2,120 „	100 „	0,883 „	0,177 „	0,706 „	0,333 „
	II	„ „	95 „	0,168 „	0,159 „	0,009 „	
4	I	3,480 „	100 „	0,883 „	0,073 „	0,810 „	0,232 „
	II	„ „	95 „	0,069 „	0,069 „	0,000 „	

3. Procentgehalt der Lösung: p = 0,441% J.

No.	Titration.	Angewendete Kohlenmenge.	Volumen der vorh. Lösung.	Jodgehalt der Lösung vor der Adsorpt.	Jodgehalt der Lösung nach der Adsorpt.	Adsorbiertes Jod.	Adsorption für 1,0 g Kohle.
1	I	0,186 g	100 ccm	0,465 g	0,381 g	0,084 g	0,482 g
	II	„ „	95 „	0,362 „	0,371 „	-0,009 „	
2	I	0,638 „	100 „	0,465 „	0,237 „	0,228 „	0,357 „
	II	„ „	95 „	0,225 „	0,221 „	0,004 „	
3	I	1,310 „	100 „	0,465 „	0,113 „	0,352 „	0,284 „
	II	„ „	95 „	0,108 „	0,108 „	0,000 „	
4	I	2,100 „	100 „	0,465 „	0,048 „	0,417 „	0,199 „
	II	„ „	95 „	0,046 „	0,046 „	0,000 „	

B. Zuckerkohle. 1. Procentgehalt der Lösung: p = 1,716%

No.	Titration.	Angewendete Kohlenmenge.	Volumen der vorh. Lösung.	Jodgehalt der Lösung vor der Adsorpt.	Jodgehalt der Lösung nach der Adsorpt.	Adsorbiertes Jod.	Adsorption für 1,0 g Kohle.
1	I	1,004 g	100 ccm	1,826 g	1,319 g	0.507 g	0,525 g
	II	„ „	95 „	1,253 „	1,255 „	0,018 „	
2	I	1,502 „	100 „	1,826 „	1,032 „	0,793 „	0,527 „
	II	„ „	95 „	0,981 „	0,981 „	0,000 „	
3	I	1,994 „	100 „	1,826 „	0,822 „	1,004 „	0,503 „
	II	„ „	95 „	0,781 „	0,781 „	0,000 „	
4	I	3,100 „	100 „	1,826 „	0,527 „	1,299 „	0,419 „
	II	„ „	95 „	0,501 „	0,501 „	0,000 „	

2. Procentgehalt der Lösung: p = 0,846% J.

No.	Titration.	Angewendete Kohlenmenge.	Volumen der vorh. Lösung.	Jodgehalt der Lösung vor der Adsorpt.	Jodgehalt der Lösung nach der Adsorpt.	Adsorbiertes Jod.	Adsorption für 1,0 g Kohle.
1	I	0,320 g	100 ccm	0,894 g	0,693 g	0,201 g	0,603 g
	II	„ „	90 „	0.624 „	0,624 „	0,000 „	
2	I	0,688 „	100 „	0,894 „	0,460 „	0,434 „	0,631 „
	II	„ „	90 „	0,414 „	0,410 „	0,001 „	
3	I	1,018 „	100 „	0,894 „	0,304 „	0,590 „	0,579 „
	II	„ „	90 „	0,273 „	0,257 „	0,016 „	
4	I	1,696 „	100 „	0,894 „	0,103 „	0,791 „	0,466 „
	II		90 „	0.092 „	0,084 „	0,008 „	

3. Procentgehalt der Lösung: p = 0,509 % J.

No.	Titration.	Angewendete Kohlenmenge.	Volumen der vorh. Lösung.	Jodgehalt der Lösung vor der Adsorpt.	Jodgehalt der Lösung nach der Adsorpt.	Adsorbiertes Jod.	Adsorption für 1,0 g Kohle.
1	I	0,201 g	100 ccm	0,536 g	0,438 g	0,098 „	0,487 g
	II	„ „	94 „	0,412 „	0,409 „	0,003 „	
2	I	0,5115 „	100 „	0,536 „	0,288 „	0,248 „	0,485 „
	II	„ „	95 „	0,274 „	0,271 „	0,003 „	
3	I	0,730 „	100 „	0,536 „	0,206 „	0,330 „	0,460 „
	II	„ „	95 „	0,195 „	0,186 „	0,009 „	
4	I	1,2905 „	100 „	0,536 „	0,089 „	0,447 „	0,346 „
	II	„ „	95 „	0,085 „	0,076 „	0,008 „	

Die Zunahme der Adsorption, welche bei der zweiten Titration festgestellt wurde, ist auch bei der Eisessig-Lösung sehr gering, so so dass wir annehmen können, dass die Adsorption bis auf ungefähr 0,01 g genau festgestellt ist. Die in der letzten Columne wiedergegebenen Zahlen lassen erkennen, dass die Adsorption bei einerlei Lösung nicht proportional der angewendeten Kohlenmenge ist, sondern für steigende Kohlenmengen abnimmt.

Berechnen wir wieder aus den experimentell ermittelten Adsorptionen durch Interpolation die Adsorption für die übrigen Kohlenmengen und stellen die von gleichen Kohlenmengen in Lösungen verschiedener Concentration bewirkten Adsorptionen neben einander, so erhalten wir ein Bild davon, wie die Adsorption von der Concentration abhängt.

Pflanzenkohle.

Angewendete Kohlenmenge.	Adsorpt. in einer Lösung vom Procentgeh.:		
	p = 1,695 %	p = 1,836 %	p = 0,441 %
0,500 g	0,315 g	0,240 g	0,184 g
1,000 „	0,622 „	0,433 „	0,302 „
1,500 „	0,881 „	0,584 „	0,380 „
2,000 „	1,080 „	0,693 „	0,411 „
2,500 „	1,221 „	0,740 „	
3,000 „	1,323 „	0,780 „	
3,500 „	1,391 „	0,813 „	
4,000 „	1,510 „		

Stellen wir die Adsorptionswirkungen gleicher Mengen Kohle in alkoholischer und Eisessig-Lösung nebeneinander, so zeigt sich ein beträchtlicher Unterschied, indem die Kohle aus Eisessig bedeutend mehr Jod zu adsorbieren vermag. Es adsorbiert 1,000 g Pflanzenkohle aus 100 ccm alkoholischer Jodlösung, welche 1,767 g Jod gelöst enthält, 0,425 g Jod, aus 100 ccm Eisessig-Lösung, welche 1,804 g Jod gelöst enthalten, 0,622 g Jod. Diese Thatsache lässt darauf schliessen, dass die Adsorption abhängig ist von dem Lösungsmittel, in welchem der adsorbierte Körper gelöst ist.

Bei den bis jetzt zu den Untersuchungen verwendeten Lösungen war eine ganz beträchtliche Adsorption wahrzunehmen; bei allen anderen dagegen, mit denen Versuche gemacht wurden, war dies nicht der Fall. Es mussten ganz bedeutende Kohlenmengen verwendet werden, um überhaupt messbare Resultate zu erhalten. Dadurch war der Ausdehnung der weiteren Versuche eine gewisse Grenze gesetzt. Eine beliebige Steigerung der angewendeten Kohlenmengen war nicht möglich. Das grösste Quantum Kohle, welches zu den Lösungen hinzugesetzt werden konnte, betrug ca. 12,000 g; bei Anwendung von geringeren Kohlenmengen war die Adsorption zu gering. Ich habe infolge dessen davon absehen müssen, so wie bei den früheren Versuchen die Kohlenmengen innerhalb weiterer Grenzen zu variieren und mich darauf beschränkt, festzustellen, wie viel eine gewisse Menge Kohle in den verschiedenen Lösungen von verschiedener Concentration zu adsorbieren vermöge. Bei je einer der angewendeten Concentrationen wurden verschiedene Quantitäten Kohle zugefügt; es geschah das aber weniger aus theoretischem Interesse als um Controlversuche zu gewinnen.

Gruppe II. Säuren.

5. Chlorwasserstoffsäure.

Es wurden Versuche angestellt mit Blutkohle und Pflanzenkohle. Die angegebene Kohlenmenge wurde mit 100 ccm Chlorwasserstoffsäure zusammengebracht, möglichst oft umgeschüttelt und die Lösung nach acht Tagen titriert. Um sicher zu sein, dass der Gleichgewichtszustand auch erreicht war, titrierte man den Tag darauf noch einmal, die Lösung zeigte sehr angenähert denselben Gehalt an Chlorwasserstoffsäure. Das Titrieren geschah mit Kalilauge. Die Re-

sultate sind in folgenden Tabellen zusammengestellt. Tabelle 1 und 3 enthalten die Beobachtungen, welche unter Anwendung verschiedener Kohlenmengen in derselben Lösung gemacht wurden; Tabelle 2 umfasst die Beobachtungen, welche unter Anwendung derselben Kohlenmenge in Lösungen verschiedener Concentration erhalten wurden.

1. Blutkohle. Procentgehalt der Lösung: p = 9,914 % HCl.

No.	Titration.	Angewendete Kohlenmenge.	Volumen der vorhand. Lösung.	HCl-Gehalt der Lösung vor der Adsorpt.	HCl-Gehalt der Lösung nach der Adsorpt.	Adsorbiertes HCl-Gas.	Adsorption für 1,0 g Kohle.
1	I	5,115 g	100 ccm	10,380 g	10,067 g	0,313 g	0,0612 g
	II	„ „	95 „	9,563 „	9,563 „	0,000 „	
2	I	7,486 „	100 „	10,380 „	10,015 „	0,365 „	0,0521 „
	II	„ „	95 „	9,514 „	9,489 „	0,025 „	
3	I	9,926 „	100 „	10,380 „	9,858 „	0,522 „	0,0526 „
	II	„ „	95 „	9,365 „	9,365 „	0,000 „	

2. Blutkohle. Angewendete Kohlenmenge: 10,00 g.

No.	Titration.	Procentgehalt der Lösung.	Volumen der vorhand. Lösung.	HCl-Gehalt der Lösung vor der Adsorpt.	HCl-Gehalt der Lösung nach der Adsorpt.	Adsorbiertes HCl-Gas.
1	I	2,580 % HCl	100 ccm	2,608 g	2,243 g	0,365 g
	II	„ „ „	95 „	2,131 „	2,155 „	—0,024 „
2	I	5,073 % „	100 „	5,190 „	4,773 „	0,417 „
	II	„ „ „	95 „	4,534 „	4,509 „	0,025 „
3	I	9,914 % „	100 „	10,380 „	9,858 „	0,522 „
	II	„ „ „	95 „	9,365 „	9,365 „	0,000 „

3. Pflanzenkohle. Procentgehalt der Lösung: p = 9,595 % HCl.

No.	Titration.	Angewendete Kohlenmenge.	Volumen der vorh. Lösung.	HCl-Gehalt der Lösung vor der Adsorpt.	HCl-Gehalt der Lösung nach der Adsorpt.	Adsorbiertes HCl-Gas.	Adsorption für 1,0 g Kohle.
1	I	4,955 g	100 ccm	10,031 g	9,918 g	0,113 g	0,0228 g
	II	„ „	95 „	9,423 „	9,423 „	0,000 „	
2	I	6,962 „	100 „	10,031 „	9,862 „	0,169 „	0,0243 „
	II	„ „	95 „	9,369 „	9,369 „	0,000 „	
3	I	9,967 „	100 „	10,031 „	9,731 „	0,300 „	0,0222 „
	II	„ „	95 „	9,244 „	9,323 „	-0,079 „	
4	I	13,646 „	100 „	10,031 „	9,828 „	0,203 „	0,0216 „
	II	„ „	95 „	8,845 „	8,753 „	0,092 „	

6. Schwefelsäure.

Die Versuche wurden in der auf S. 22 beschriebenen Weise ausgeführt; die Anordnung der Tabellen ist ebenfalls dieselbe.

1. Blutkohle. Procentgehalt der Lösung: p = 9,267 %.

No.	Titration.	Angewendete Kohlenmenge.	Volumen der vorh. Lösung.	H_2SO_4-Geh. der Lösung vor der Adsorpt.	H_2SO_4-Geh. der Lösung nach der Adsorpt.	Adsorbierte H_2SO_4.	Adsorption für 1,0 g Kohle.
1	I	4,040 g	100 ccm	9,833 g	9,506 g	0,327 g	0,0886 g
	II	„ „	94 „	8,935 „	8,904 „	0,031 „	
2	I	6,002 „	100 „	9,833 „	9,261 „	0,572 „	0,0978 „
	II	„ „	94 „	8,705 „	8,690 „	0,015 „	
3	I	10,077 „	100 „	9,833 „	8,902 „	0,931 „	0,0964 „
	II	„ „	94 „	8,378 „	8,337 „	0,041 „	

2. Blutkohle. Angewendete Kohlenmenge: 10,1 g.

No.	Titration.	Procentgehalt der Lösung.	Volumen der vorh. Lösung.	H_2SO_4-Gehalt der Lösung vor der Adsorpt.	H_2SO_4-Gehalt der Lösung nach der Adsorpt.	Adsorbierte H_2SO_4.
1	I	4,797 %	100 ccm	4,904 g	4,272 g	0,632 g
	II	„ „	95 „	4,058 „	4,019 „	0,039 „
2	I	9,267 „	100 „	9,833 „	8,902 „	0,931 „
	II	„ „	94 „	8,378 „	8,337 „	0,041 „
3	I	17,688 „	100 „	19,825 „	18,622 „	1,203 „
	II		94 „	17,691 „	17,691 „	0,000 „

3. Pflanzenkohle. Angewendete Kohlenmenge: 10,0 g.

No.	Titration.	Procentgehalt der Lösung.	Volumen der vorh. Lösung.	H_2SO_4-Gehalt der Lösung vor der Adsorpt.	H_2SO_4-Gehalt der Lösung nach der Adsorpt.	Adsorbierte H_2SO_4.
1	I	4,797 %	100 ccm	4,904 g	4,712 g	0,192 g
	II	„ „	95 „	4,476 „	4,476 „	0,000 „
2	I	9,267 „	100 „	9,833 „	9,571 „	0,261 „
	II	„ „	97 „	9,284 „	9,268 „	0,016 „
3	I	17,688 „	100 „	19,825 „	19,493 „	0,332 „
	II	„ „	96 „	18,713 „	18,674 „	0,039 „

Gruppe III. Basen.

7. Ammoniak.

Die Adsorption des Ammoniaks aus wässriger Lösung durch Kohle ist sehr gering. Bei Anwendung von Pflanzenkohle war selbst in concentrirten Lösungen keine Abnahme des Ammoniak-Gehaltes festzustellen, einigermassen sichere Resultate wurden nur unter Anwendung von Blutkohle erhalten. Die Versuche wurden in derselben Weise ausgeführt wie die früheren.

Blutkohle. Procentgehalt der Lösung: p = 11,258 %.

No.	Titration.	Angewendete Kohlenmenge.	Volumen der vorh. Lösung.	NH_3-Gehalt der Lösung vor der Adsorpt.	NH_3-Gehalt der Lösung nach der Adsorpt.	Adsorbiertes NH_3-Gas.	Adsorption für 1,0 g Kohle.
1	I	4,100 g	100 ccm	10,716 g	10,517 g	0,199 g	0,0485 g
	II	„ „	95 „	9,991 „	9,991 „	0,000 „	
2	I	5,980 „	100 „	10,716 „	10,449 „	0,267 „	0,0446 „
	II	„ „	90 „	9,926 „	9,926 „	0,000 „	
3	I	10,097 „	100 „	10,716 „	10,182 „	0,534 „	0,0528 „
	II		90 „	9,673 „	9,673 „	0,000 „	

8. Kalilauge.

Man brachte die Kohle in Berührung mit Lösungen von 3 verschiedenen Concentrationen. Tabelle 1 enthält die Beobachtungen, die unter Anwendung verschiedener Kohlenmengen in derselben Lösung gemacht wurden; die Tabellen 2 und 3 enthalten die Versuche unter Anwendung derselben Kohlenmenge in Lösungen verschiedener Concentration.

1. Blutkohle. Procentgehalt der Lösung: p = 9,266 % KOH.

No.	Titration.	Angewendete Kohlenmenge.	Volumen der vorh. Lösung.	KOH-Geh. der Lösung vor der Adsorpt.	KOH-Geh. der Lösung nach der Adsorpt.	Adsorbierte KOH.	Adsorption für 1,0 g Kohle.
1	I	4,054 g	100 ccm	10,083 g	10,002 g	0,081 g	0,0200 g
	II	„ „	95 „	9,502 „	9,502 „	0,000 „	
2	I	6,026 „	100 „	10,083 „	9,922 „	0,161 „	0,0250 „
	II	„ „	95 „	9,426 „	9,426 „	0,000 „	
3	I	10,112 „	100 „	10,083 „	9,802 „	0,281 „	0,0203 „
	II		95 „	0,312 „	9,388 „	-0,076 „	

2. Blutkohle. Angewendete Kohlenmenge: 10,0 g.

No.	Titration.	Procentgehalt der Lösung.	Volumen der vorh. Lösung.	KOH-Gehalt der Lösung vor der Adsorpt.	KOH-Gehalt der Lösung nach der Adsorpt.	Adsorbierte KOH.
1	I	1,765 %	100 ccm	1,792 g	1,669 g	0,123 g
	II	„ „	95 „	1,585 „	1,564 „	0,021 „
2	I	3,822 „	100 „	3,954 „	3,808 „	0,146 „
	II	„ „	95 „	3,618 „	3,607 „	0,011 „
3	I	9,266 „	100 „	10,083 „	9,802 „	0,281 „
	II	„ „	95 „	9,312 „	9,388 „	—0,076 „

3. Pflanzenkohle. Angewendete Kohlenmenge: 10,0 g.

No.	Titration.	Procentgehalt der Lösung.	Volumen der vorh. Lösung.	KOH-Gehalt der Lösung vor der Adsorpt.	KOH-Gehalt der Lösung nach der Adsorpt.	Adsorbierte KOH.
1	I	1,765 %	100 ccm	1,792 g	1,691 g	0,101 g
	II	„ „	95 „	1,607 „	1,607 „	0,000 „
2	I	3,822 „	100 „	3,954 „	3,853 „	0,101 „
	II	„ „	95 „	3,661 „	3,649 „	0,012 „
3	I	9,266 „	100 „	10,083 „	9,962 „	0,121 „
	II	„ „	95 „	9,464 „	9,464 „	0,000 „

9. Natronlauge.

Man liess Blutkohle und Pflanzenkohle auf Lösungen von 3 verschiedenen Concentrationen wirken. Tabelle 1 enthält die Beobachtungen, die unter Anwendung verschiedener Kohlenmengen in Lösungen von einerlei Concentration gemacht wurden; in den Tabellen 2 und 3 sind die Beobachtungen angeführt, die unter Anwendung derselben Kohlenmenge in Lösungen verschiedener Concentration gewonnen wurden.

1. Blutkohle. Procentgehalt der Lösung: p = 9,089 % NaOH.

No.	Titration.	Angewendete Kohlenmenge.	Volumen der vorh. Lösung.	NaOH-Geh. der Lösung vor der Adsorpt.	NaOH-Geh. der Lösung nach der Adsorpt.	Adsorbierte NaOH.	Adsorption für 1,0 g Kohle.
1	I	4,960 g	100 ccm	10,003 g	9,946 g	0,057 g	0,0115 g
	II	„ „	95 „	9,448 „	9,421 „	0,027 „	
2	I	7,520 „	100 „	10,003 „	9,889 „	0,114 „	0,0151 „
	II	„ „	95 „	9,394 „	9,394 „	0,000 „	
3	I	10,260 „	100 „	10,003 „	9,830 „	0,173 „	0,0168 „
	II		95 „	9,339 „	9,339 „	0,000 „	

2. Blutkohle. Angewendete Kohlenmenge: 10,0 g.

No.	Titration.	Procentgehalt der Lösung.	Volumen der vorh. Lösung.	NaOH-Geh. der Lösung vor der Adsorpt.	NaOH-Geh. der Lösung nach der Adsorpt.	Adsorbierte NaOH.
1	I	2,256 %	100 ccm	2,312 g	2,224 g	0,088 g
	II	„ „	95 „	2,113 „	2,090 „	0,023 „
2	I	4,426 „	100 „	4,648 „	4,520 „	0,128 „
	II	„ „	95 „	4,294 „	4,286 „	0,008 „
3	I	9,089 „	100 „	10,003 „	9,830 „	0,173 „
	II		95 „	9,339 „	9,339 „	0,000 „

3. Pflanzenkohle. Angewendete Kohlenmenge: 10,0 g.

No.	Titration.	Procentgehalt der Lösung.	Volumen der vorh. Lösung.	NaOH-Geh. der Lösung vor der Adsorpt.	NaOH-Geh. der Lösung nach der Adsorpt.	Adsorbierte NaOH.
1	I	2,256 %	100 ccm	2,312 g	2,232 g	0,080 g
	II	„ „	95 „	2,120 „	2,128 „	-0,008 „
2	I	4,426 „	100 „	4,648 „	4,552 „	0,096 „
	II	„ „	95 „	4,325 „	4,332 „	-0,007 „
3	I	9,089 „	100 „	10,003 „	9,889 „	0,114 „
	II	„ „	95 „	9,394 „	9,394 „	0,000 „

10. Barytwasser.

Man brachte Blutkohle und Pflanzenkohle in Lösungen von 3 verschiedenen Concentrationen. Die Anordnung der Tabellen ist dieselbe wie in den soeben beschriebenen Versuchen.

1. Blutkohle. Procentgehalt der Lösung: c = 1,867 % $Ba(OH)_2$.

No.	Titration.	Angewendete Kohlenmenge.	Volumen der vorh. Lösung	$Ba(OH)_2$-Gehalt d. Lösung vor der Adsorpt.	$Ba(OH)_2$-Gehalt d. Lösung nach der Adsorpt.	Adsorbierte $Ba(OH)_2$	Adsorption für 1,0 g Kohle.
1	I	4,022 g	100 ccm	1,901 g	1,667 g	0,234 g	0,0619 g
	II	„ „	90 „	1,500 „	1,485 „	0,015 „	
2	I	5,936 „	100 „	1,901 „	1,556 „	0,345 „	0,0581 „
	II		95 „	1,478 „	1,478 „	0,000 „	
3	I	9,978 „	100 „	1,901 „	1,334 „	0,567 „	0,0584 „
	II		95 „	1,267 „	1,251 „	0,016 „	

2. Blutkohle. Angewendete Kohlenmenge: 10,0 g.

No.	Titration.	Procentgehalt der Lösung.	Volumen der vorhand. Lösung.	$Ba(OH)_2$ Geh. der Lösung vor der Adsorpt.	$Ba(OH)_2$ Geh. der Lösung nach der Adsorpt.	Adsorbiertes $Ba(OH)_2$
1	I	0,951 %	100 ccm	0,958 g	0,462 g	0,496 g
	II	„ „	90 „	0,415 „	0,400 „	0,015 „
2	I	1,867 „	100 „	1,901 „	1,374 „	0,567 „
	II	„ „	95 „	1,267 „	1,251 „	0,016 „
3	I	3,716 „	100 „	3,865 „	2,907 „	0,958 „
	II		95 „	2,762 „	2,762 „	0,000 „

3. Pflanzenkohle. Angewendete Kohlenmenge: 10,0 g.

No.	Titration.	Procentgehalt der Lösung	Volumen der vorhand. Lösung.	$Ba(OH)_2$ Geh. der Lösung vor der Adsorpt.	$Ba(OH)_2$ Geh. der Lösung nach der Adsorpt.	Adsorbiertes $Ba(OH)_2$.
1	I	0,951 %	100 ccm	0,958 g	0,014 g	0,944 g
	II	„ „	90 „	0,012 „	0,009 „	0,003 „
2	I	1,867 „	100 „	1,901 „	0,975 „	0,923 „
	II	„ „	95 „	0,926 „	0,908 „	0,018 „
3	I	3,716 „	100 „	3,865 „	2,548 „	1,317 „
	II		95 „	2,420 „	2,258 „	0,162 „

Diese Ergebnisse nehmen im Vergleich mit der Adsorptionswirkung der Kohle in Kalilauge und Natronlauge in manchen Beziehungen eine Ausnahmestellung ein. Vor allem ist es bemerkenswert, dass Pflanzenkohle mehr Baryumhydroxyd adsorbiert als Blutkohle, während bei allen anderen bisher in Anwendung gebrachten Lösungen Blutkohle bedeutend wirksamer war als Pflanzenkohle. Dieses Verhalten beruht wahrscheinlich darauf, dass die Kohle etwas CO_2 enthielt, durch welches ein Teil des $Ba(OH)_2$ als kohlensaurer Baryt gefällt wurde.

Berechnet man aus den durch wechselnde Kohlenmengen in einerlei Lösungen bewirkten Adsorptionen die Adsorption für 1,0 g Kohle, so erkennt man, dass fast bei allen Lösungen der Gruppen II und III die Adsorption proportional der angewendeten Kohlenmenge ist.

Gruppe IV. Salzlösungen.

Bei der Anordnung und Ausführung der Versuche wurde im Wesentlichen der bisher eingeschlagene Weg inne gehalten. Die Concentration der Lösungen wurde durch Gewichtsanalyse bestimmt. Von einer zweiten Messung der Concentration am folgenden Tage, die ich bei allen früher beschriebenen Versuchen zur Bestätigung des erhaltenen Resultats zu machen pflegte, habe ich bei diesen Versuchen wegen der Umständlichkeit der Analyse absehen zu müssen geglaubt. Da die adsorbierten Mengen im allgemeinen, besonders bei Anwendung von Pflanzenkohle, nicht sehr gross sind, so werden die unvermeidlichen Fehler der Analyse stark ins Gewicht fallen. Hierdurch erklären sich wohl auch die an einzelnen Stellen vorhandenen Unregelmässigkeiten, welche bei der graphischen Darstellung der Resultate hervortreten.

— — —

11. Jodkalium-Lösung.

Man liess Blutkohle und Pflanzenkohle auf Lösungen von 3 verschiedenen Concentrationen wirken. Die Bestimmung des Jodkalium-Gehaltes der Lösung geschah durch Fällung des Jods als Jodsilber mit Silbernitrat. Bei diesen Versuchen war nun die merkwürdige Erscheinung zu beobachten, dass die Lösung, nachdem sie in Berührung mit der Kohle gebracht war, eine Quantität freies Alkali enthielt. Diese Thatsache war mir bei den ersten Versuchen entgangen, es fehlt infolge dessen bei den Versuchen 1 und 2 (Tabelle 1) die Angabe darüber. Bei allen übrigen Versuchen wurde das sich vorfindende freie Alkali mit $^1/_{10}$ normaler Salzsäure titriert. Die Resultate der Versuche sind in den folgenden Tabellen zusammengestellt. Tabelle 1 enthält die Beobachtungen, die unter Anwendung verschiedener Kohlenmengen in derselben Lösung, Tabelle 2 und 3 die Beobachtungen, die unter Anwendung derselben Kohlenmenge in Lösungen verschiedener Concentration gemacht wurden. In der letzten Columne steht die Angabe über die Menge der vorgefundenen Kalilauge.

1. Blutkohle. Procentgehalt der Lösung: c = 9,067% KJ.

No.	Angewendete Kohlenmenge.	Volumen der Lösung.	KJ-Geh. d. Lösung vor d. Adsorpt.	KJ-Geh. d. Lösung nach d. Adsorpt.	Adsorbiertes *) Jodkalium.	Adsorption für 1,0g Kohle	Die Lösung enthält KOH.
1	4,060 g	100 ccm	9,593 g	9,078 g	0,515 „	0,1268 g	vacat
2	5,976 „	100 „	9,593 „	8,979 „	0,614 „	0,1274 „	vacat
3	9,908 „	100 „	9,593 „	8,859 „	0,834 „	0,0842 „	0,0308 g

2. Blutkohle. Angewendete Kohlenmenge: 10,0 g.

No.	Procentgeh. der Lösung.	Volumen der Lösung.	KJ-Gehalt der Lösung vor der Adsorpt.	KJ-Gehalt der Lösung nach der Adsorpt.	Adsorbiertes Jodkalium.	KOH-Geh. der Lösung.
1	4,748%	100 ccm	4,909 g	4,206 g	0,703 g	0,0280 g
2	9,067 „	100 „	9,593 „	8,859 „	0,834 „	0,0308 „
3	17,150 „	100 „	19,538 „	18,385 „	1,153 „	0,053 „

3. Pflanzenkohle. Angewendete Kohlenmenge: 10,0 g.

No.	Procentgeh. der Lösung.	Volumen der Lösung.	KJ-Gehalt der Lösung vor der Adsorpt.	KJ-Gehalt der Lösung nach der Adsorpt.	Adsorbiertes Jodkalium.	KOH-Geh. der Lösung.
1	4,748%	100 ccm	4,909 g	4,609 g	0,300 g	0,0067 g
2	9,067 „	100 „	9,593 „	9,198 „	0,395 „	0,0091 „

12. Bromkalium-Lösung.

Es wurden Versuche gemacht mit Blutkohle und Pflanzenkohle in Lösungen von 3 verschiedenen Concentrationen. Das analytische Verfahren war dasselbe wie bei der Jodkalium-Lösung. Die Resultate der Versuche sind in folgenden Tabellen zusammengestellt. Tabelle 1

*) Die unter dieser Ueberschrift gegebenen Zahlen drücken die in der Lösung fehlenden Mengen des Salzes aus. Das Gewicht der adsorbierten Substanz ist z. B. in Tabelle I No.3 0,834—0,0308 0,8032 g. Die Ueberschrift: Adsorbiertes Jodkalium ist nur der Kürze halber beibehalten.

giebt die Resultate, die unter Anwendung verschiedener Kohlenmengen in derselben Lösung erhalten wurden, Tabelle 2 und 3 die, welche unter Anwendung derselben Kohlenmenge in Lösungen verschiedener Concentration gewonnen wurden.

1. Blutkohle. Procentgehalt der Lösung: c = 8,976 % KBr.

No.	Angewendete Kohlenmenge.	Volumen der Lösung.	KBr-Geh. d. Lösung vor d. Adsorpt.	KBr-Geh. d. Lösung nach d. Adsorpt.	Adsorbiertes KBr.	Adsorption für 1,0g Kohle.	KOH-Gehalt der Lösung.
1	4,002 g	100 ccm	9,571 g	9,457 g	0,114 g	0,0285 g	0,0140 g
2	6,012 „	100 „	9,571 „	9,419 „	0,152 „	0,0253 „	0,0168 „
3	9,995 „	100 „	9,571 „	9,317 „	0,254 „	0,0254 „	0,0392 „

2. Blutkohle. Angewendete Kohlenmenge: 10,0 g.

No.	Procentgeh. der Lösung.	Volumen der Lösung.	KBr-Gehalt der Lösung vor der Adsorpt.	KBr-Gehalt der Lösung nach der Adsorpt.	Adsorbiertes KBr.	KOH-Geh. der Lösung.
1	4,593 %	100 ccm	4,735 g	4,595 g	0,140 g	0,0140 g
2	8,976 „	100 „	9,571 „	9,317 „	0,254 „	0,0392 „
3	16,639 „	100 „	18,812 „	18,388 „	0,524 „	0,0196 „

3. Pflanzenkohle. Angewendete Kohlenmenge: 10,0 g.

No.	Procentgeh. der Lösung.	Volumen der Lösung.	KBr-Gehalt der Lösung vor der Adsorpt.	KBr-Gehalt der Lösung nach der Adsorpt.	Adsorbiertes KBr.	KOH-Geh. der Lösung.
1	4,593 %	100 ccm	4,735 g	4,684 g	0,051 g	0,000 g
2	8,976 „	100 „	9,570 „	9,450 „	0,120 „	0,007 „
3	16,639 „	100 „	18,812 „	18,761 „	0,051 „	0,0056 „

13. Chlorkalium-Lösung.

In einer Chlorkalium-Lösung erwies sich die Kohle sehr wenig adsorptionsfähig, auf Grund dessen wurde nur eine Reihe von Versuchen angestellt, deren Resultate in folgender Tabelle zusammengestellt sind.

Blutkohle. Procentgehalt der Lösung: c = 8,101 % KCl.

No.	Angewendete Kohlenmenge.	Volumen der Lösung.	KCl-Geh. d. Lösung vor d. Adsorpt.	KCl-Geh. d. Lösung nach d. Adsorpt.	Adsorbiertes KCl.	Adsorption für 1,0g Kohle	KOH-Gehalt der Lösung.
1	4,038 g	100 ccm	8,520 g	8,483 g	0,037 g	0,0091 g	0,01288 g
2	6,042 „	100 „	8,520 „	8,473 „	0,047 „	0,0078 „	0,014 „
3	9,984 „	100 „	8,520 „	8,457 „	0,062 „	0,0062 „	0,0196 „

14. Kaliumsulfat-Lösung.

Der Gang der Untersuchung war derselbe wie bei den anderen Lösungen. Die Bestimmung der Concentration geschah durch Gewichtsanalyse. 5 ccm der betreffenden Lösung wurden hinreichend verdünnt und die darin enthaltene Schwefelsäure mit Chlorbaryum als schwefelsaurer Baryt gefällt. Es wurden Versuche gemacht mit Blutkohle und Pflanzenkohle, bei keinem der Versuche liess sich aber eine Adsorption feststellen. Um unbedingt sicher zu gehen, waren die Analysen wiederholt worden, die zweiten Analysen bestätigen aber nur die ersten Beobachtungen. Auf eine Wiedergabe des Zahlenmaterials verzichte ich hier, da dasselbe keinerlei Interesse beanspruchen kann.

15. Jodnatrium-Lösung.

Es wurden Versuche gemacht unter Anwendung von Blutkohle und Pflanzenkohle. Die Resultate der Beobachtungen sind in folgenden Tabellen zusammengestellt. Tabelle 1 enthält die Resultate, die erhalten wurden bei Anwendung verschiedener Kohlenmengen in derselben Lösung, Tabelle 2 und 3 die, welche sich bei Anwendung derselben Kohlenmenge in Lösungen verschiedener Concentration ergaben.

1. Blutkohle. Procentgehalt der Lösung: p = 8,030 % KJ.

No.	Angewendete Kohlenmenge.	Volumen der Lösung.	NaJ-Geh. d. Lösung vor d. Adsorpt.	NaJ-Geh. d. Lösung nach d. Adsorpt.	Adsorbiertes Jodnatrium.	Adsorption für 1,0 g Kohle	NaOH-Gehalt der Lösung.
1	4,000 g	100 ccm	8,543 g	8,135 g	0,408 g	0,1020 g	0,0184 g
2	5,996 „	100 „	8,543 „	8,071 „	0,472 „	0,0787 „	0,016 „
3	9,986 „	100 „	8,543 „	7,370 „	1,173 „	0,1174 „	0,028 „

2. Blutkohle. Angewendete Kohlenmenge: 10,0 g.

No.	Procentgeh. der Lösung.	Volumen der Lösung.	NaJ-Gehalt der Lösung vor der Adsorption.	NaJ-Gehalt der Lösung nach der Adsorption.	Adsorbiertes NaJ.	NaOH-Geh. der Lösung.
1	4,070 %	100 ccm	4,195 g	3,647 g	0,548 g	0,0200 g
2	8,030 „	100 „	8,543 „	7,370 „	1,173 „	0,0280 „
3	15,050 „	100 „	16,971 „	15,964 „	1,007 „	0,0292 „

3. Pflanzenkohle. Angewendete Kohlenmenge: 10,0 g.

No.	Procentgeh. der Lösung.	Volumen der Lösung.	NaJ-Gehalt der Lösung vor der Adsorption.	NaJ-Gehalt der Lösung nach der Adsorption.	Adsorbiertes NaJ.	NaOH-Geh. der Lösung.
1	4,070 %	100 ccm	4,195 g	3,991 g	0,204 g	0,008 g
2	8,030 „	100 „	8,543 „	8,180 „	0,363 „	0,0148 „
3	15,050 „	100 „	16,971 „	16,538 „	0,434 „	0,013 „

16. Bromnatrium-Lösung.

Man brachte Blutkohle und Pflanzenkohle mit Lösung von drei verschiedenen Concentrationen in Berührung. Die Resultate der Versuche sind in den folgenden Tabellen zusammengestellt. Tabelle 1 enthält die Beobachtungen, welche unter Anwendung

verschiedener Kohlenmengen in derselben Lösung, Tabelle 2 und 3 die, welche unter Anwendung verschiedener Lösungen bei derselben Kohlenmenge gemacht wurden.

1. Blutkohle. Procentgehalt der Lösung: c = 8,854 % NaBr.

No.	Angewendete Kohlenmenge.	Volumen der Lösung.	NaBr-Gehalt der Lösung vor d. Adsorpt.	NaBr-Gehalt der Lösung nach d. Adsorpt.	Adsorbiertes NaBr.	NaOH-Gehalt der Lösung.	Adsorption für 1,0 g Kohle
1	4,004 g	100 ccm	9,489 g	9,379 g	0,110 g	0,011 g	0,0274 g
2	5,998 „	100 „	9,489 „	9,358 „	0,131 „	0,0184 „	0,0218 „
3	10,068 „	100 „	0,489 „	9,270 „	0,219 „	0,022 „	0,0217 „

2. Blutkohle. Angewendete Kohlenmenge: 10,0 g.

No.	Procentgeh. der Lösung.	Volumen der Lösung.	NaBr-Gehalt der Lösung vor der Adsorption.	NaBr-Gehalt der Lösung nach der Adsorption.	Adsorbiertes NaBr.	NaOH-Geh. der Lösung.
1	4,673 %	100 ccm	4,832 g	4,679 g	0,153 g	0,016 g
2	8,854 „	100 „	9,489 „	9,270 „	0,219 „	0,022 „
3	16,610 „	100 „	18.967 „	18,726 „	0,241 „	0,022 „

3. Pflanzenkohle. Angewendete Kohlenmenge: 10,0 g.

No.	Procentgeh. der Lösung.	Volumen der Lösung.	NaBr-Gehalt der Lösung vor der Adsorption.	NaBr-Gehalt der Lösung nach der Adsorption.	Adsorbiertes NaBr.	NaOH-Geh. der Lösung.
1	4,673 %	100 ccm	4,832 g	4,607 g	0,225 g	0,004 g
2	8,854 „	100 „	9,489 „	9,484 g	0,005 „	0,008 „

17. Chlornatrium-Lösung.

In einer Lösung von Chlornatrium erwies sich die Kohle als sehr wenig adsorptionsfähig. Es wurden Versuche mit Blutkohle und Pflanzenkohle gemacht, die beobachtete Abnahme des Chlor-

natrium-Gehaltes der Lösung betrug indessen bei Anwendung von 10,0 g Kohle nur 0,004 g, sodass es fraglich ist, ob nicht diese Aenderung lediglich eine Folge von Versuchsfehlern ist. Es wurde in Folge dessen von weiteren Versuchen Abstand genommen. Dasselbe Resultat hatte auch Graham bei seinen Versuchen erhalten[1]).

18. Natriumsulfat-Lösung.

Auch einer Natriumsulfat-Lösung gegenüber war die Kohle durchaus unwirksam. Es waren Versuche gemacht worden mit Pflanzenkohle und Blutkohle in Lösungen verschiedener Concentration, ohne dass aber irgend eine Abnahme des Na_2SO_4-Gehaltes der Lösung hätte festgestellt werden können.

Das Verhalten der Kohle gelösten Salzes gegenüber, wie es die oben beschriebenen Versuche zeigen, ist in mehreren Beziehungen interessant. Zunächst fällt die Analogie in den Zahlenverhältnissen auf, nach denen die Kali- und Natronsalze adsorbiert werden. Jodkalium und Jodnatrium werden ziemlich stark adsorbiert, Bromkalium und Bromnatrium schwächer, aber immer noch in merklichen Mengen, Chlorkalium und Chlornatrium werden nur in ganz geringen Mengen adsorbiert, Kaliumsulfat und Natriumsulfat gar nicht. Ueberall wo eine Adsorptionswirkung stattfand, war dieselbe unter Anwendung von Blutkohle beträchtlich grösser als unter Anwendung von Pflanzenkohle. Wurden in eine Lösung verschiedene Kohlenmengen gebracht, so ergab sich, dass die entsprechenden Adsorptionen direct proportional den angewendeten Kohlenmengen sind, dass also die Adsorptionen graphisch dargestellt eine gerade Linie bilden (die geringen Abweichungen sind wohl nur auf Versuchsfehler zurückzuführen). In concentrierten Lösungen vermochte die Kohle mehr zu odsorbieren als in verdünnten, obgleich auch in den letzteren der betreffende Körper in drei- bis viermal grösserer Menge vorhanden war, als die Kohle zu adsorbieren vermochte.

Am Bemerkenswertesten ist indessen die Erscheinung, dass die Salzlösungen, die vorher neutral waren, nach erfolgter Adsorption alkalisch reagierten. Die einfachste Erklärung für diese

[1]) Graham: Poggendorff's Annalen 1830, Bd. 19 pag. 141.

Erscheinung ist, dass die Kohle den electronegativen Bestandteil des Salzes in grösserer Menge adsorbiert als den electropositiven, und dass dieser dann als Alkali in Lösung geht. Doch hätte das Alkali auch noch auf anderem Wege in die Lösung gekommen sein können. Die Kohle war vor der Benutzung andauernd mit starker Salzsäure ausgekocht worden, es ist somit ausgeschlossen. dass ein etwaiger Aschegehalt derselben die Ursache der Alkalität der Lösung ist; wohl aber hätte das gefundene Alkali von dem Glasgefäss herrühren können, in welchem der Versuch ausgeführt wurde. Die Herren Förster und Mylius[1]) haben gezeigt, dass Flüssigkeiten, welche längere Zeit in Glasgefässen aufbewahrt werden, aus dem Glase messbare Mengen von Alkali aufnehmen. Allerdings waren die gefundenen Mengen Alkali etwas zu gross, als dass man hätte annehmen können, dieselben seien lediglich aus dem Glase aufgenommen worden, sodann waren die Gefässe schon vorher zu anderen Versuchen verwendet worden und hatten dabei wochenlang mit Säuren angefüllt dagestanden. Um indessen über den Ursprung des Alkali-Gehaltes der Lösung ins Klare zu kommen, habe ich zunächst einige Versuche in Metallgefässen ausgeführt. In einer Platinschale wurden 5,0 g Blutkohle mit 50 ccm Chlorkaliumlösung zusammengebracht, desgleichen in einer Silberschale 5,0 g Blutkohle mit 50 ccm Bromkalium-Lösung und einige Tage sich selbst überlassen, während die ursprünglichen Lösungen in Glasgefässen aufbewahrt wurden. Nach einigen Tagen wurden die Lösungen mit verschiedenen Indicatoren auf ihren Alkaligehalt geprüft. Die ursprüngliche in den Glasgefässen aufbewahrte Lösung gab weder mit Lackmustinctur, noch Methylorange, noch Phenolphtalëin eine Reaction, während die in den Metallgefässen aufbewahrten Lösungen, welche mit der Kohle in Berührung gekommen waren, eine deutliche alkalische Reaction zeigten. Das beweist, dass der Alkaligehalt der Lösung in einem ursächlichen Zusammenhange mit der Adsorptionswirkung der Kohle steht.

Um indessen auch einwandsfrei zu beweisen, dass die in den Lösungen sich vorfindenden Mengen Alkali lediglich eine Folge der Adsorptionswirkung der Kohle sind, wurden noch folgende Versuche angestellt. In je 2 Gefässe brachte man 50 ccm einer neutralen Salzlösung und fügte zu dem einen 5,0 g Kohle, während

[1]) Förster und Mylius: Ber. d. D. Chem. Ges. XXIV, 9, 1891.

die andere Salzlösung zunächst ohne Kohle stehen blieb. Nach achttägigem Stehen wurden aus beiden Gefässen je 5 ccm herausgenommen und auf etwa vorhandenes Alkali geprüft. Die Lösung, welche mit Kohle in Berührung gewesen war, enthielt ein messbares Quantum Alkali, die zweite Lösung zeigte sich bei Anwendung desselben Indicators neutral.

Nunmehr brachte man zu der im zweiten Gefäss befindlichen Lösung 4,5 g Blutkohle und liess das erste Gefäss mit einer von neuem hineingebrachten Lösung desselben Salzes ohne Kohle stehen. Nach acht Tagen wurden wiederum beide Lösungen untersucht. Es enthielt die aus dem zweiten Gefäss entnommene Probe ein messbares Quantum freies Alkali, die aus dem ersten Gefäss entnommene Probe war neutral.

Auf diese Weise war für die beiden fraglichen Gefässe einwandsfrei festgestellt, dass die Lösung aus dem Glase kein Alkali aufgenommen hatte, dass vielmehr das in der Lösung vorhandene Alkali nur entstanden sein konnte durch eine Wirkung der Kohle, die mit der Adsorptionswirkung derselben in Zusammenhang steht. Diese Wechselversuche wurden mit sämmtlichen Lösungen ausgeführt, bei denen eine Adsorptionswirkung festgestellt worden war. Die Resultate, welche zum Teil schon in den früheren Tabellen enthalten sind, mögen hier noch einmal zusammengestellt werden.

No.	Art der Lösung.	Gefäss No.	Angewendete Kohlenmenge.	Volumen der vorhandenen Lösung.	Salz-Gehalt der Lösung vor der Adsorption.	Salz-Gehalt der Lösung nach der Adsorption.	Menge des adsorbierten Salzes.	Alkali-Gehalt der Lösung.
1	Jodkalium-Lösung	1	5,005 g	50 ccm	4,848 g	4,436 g	0,412 g	0,0154 g KOH
1	.. ..	2	0,000 „	50 „	4,848 „	4,848 „	0,000 „	0,000 „ „
2	.. „	1	0,000 „	50 „	4,848 „	4,848 „	0,000 „	0,000 „ „
2	.. ..	2	4,502 „	45 „	4,363 „	3,990 „	0,373 „	0,0134 „ „
3	Bromkalium-Lösung	3	4,997 g	50 ccm	4,785 g	4,658 g	0,127 g	0,0196 g KOH
3	.. ..	4	0,000 „	50 „	4,785 „	4,785 „	0,000 „	0,000 „ „
4	.. ..	3	0,000 „	50 „	4,785 „	4,785 „	0,000 „	0,000 „ „
4	.. ..	4	4,510 „	45 „	4,307 „	4,192 „	0,115 „	0,0177 „ „
5	Chlorkalium-Lösung	5	4,992 g	50 ccm	4,260 g	4,228 g	0,032 g	0,0098 g KOH
5	.. „	6	0,000 „	50 „	4,260 „	4,260 „	0,000 „	0,000 „ „
6	.. „	5	0,000 „	50 „	4,260 „	4,260 „	0,000 „	0,000 „ „
6	.. ..	6	4,489 „	45 „	3,834 „	3,801 „	0,033 „	0,0088 „ „

No.	Art der Lösung.	Gefäss No.	Angewendete Kohlenmenge.	Volumen der vorhandenen Lösung.	Salz-Gehalt der Lösung vor der Adsorption.	Salz-Gehalt der Lösung nach der Adsorption.	Menge des adsorbierten Salzes.	Alkali-Gehalt der Lösung.
7	Jodnatrium-Lösung	7	4,993 g	50 ccm	4,271 g	3,685 g	0,586 g	0,014 g NaOH
7	„ „	8	0,000 „	50 „	4,271 „	4,271 „	0,000 „	0,000 „ „
8	„ „	7	0,000 „	50 „	4,271 „	4,271 „	0,000 „	0,000 „ „
8	„ „	8	4,496 „	45 „	3,844 „	3,318 „	0,526 „	0,0120 „ „
9	Bromnatrium-Lösung	9	5,034 g	50 ccm	9,484 g	9,363 g	0,121 g	0,011 g NaOH
9	„ „	10	0,000 „	50 „	9,484 „	9,484 „	0,000 „	0,000 „ „
10	„ „	9	0,000 „	50 „	9,484 „	9,484 „	0,000 „	0,000 „ „
10	„ „	10	4,528 „	45 „	8,535 „	8,427 „	0,108 „	0,005 „ „

Es ist zu diesen Versuchen zu bemerken, das bei Lösungen derselben Gruppe nicht immer dieselbe Menge Alkali gemessen wurde.

Es scheint, als ob die Wirkung der Kohle auf den electronegativen Bestandtheil des Salzes so viel grösser ist, als die Wirkung auf den electropositiven, dass dabei sogar die electrostatische Anziehung einer gewissen Menge der in der Lösung vorhandenen Jonen überwunden wird.

Theoretische Betrachtungen über die Adsorptionserscheinungen.

Die allgemeine Anschauung, welche wir heut von den Adsorptionserscheinungen haben, ist, dass dieselbe eine rein mechanische Anziehung des gelösten Körpers durch die Kohlenteilchen ist. Die Kraft, welche das trockene Gas oder in Lösungen den gelösten Körper auf der Kohle zurückhält, ist aller Wahrscheinlichkeit nach dieselbe, welche die Benetzung der Kohle mit Flüssigkeiten bewirkt, und welche wir sonst als Adhäsionskraft wahrnehmen.

Bei einem Versuch, die bei den Adsorptionserscheinungen auftretenden Gesetzmässigkeiten theoretisch abzuleiten, müsste man demnach von denselben Annahmen ausgehen, die bei Vorgängen ähnlicher Art, wie die Gravitation, die electrostatische Anziehung etc.,

gemacht sind. Leider ist es aber auf diesem Wege noch nicht gelungen, irgend einen mathematischen Ausdruck zu finden, der die Adsorptionserscheinungen genau beschreibt. Der Grund dafür dürfte darin zu finden sein, dass die Adsorptionswirkung der Kohle nicht allein von der chemischen Natur des gelösten Körpers, sondern auch von der des angewendeten Lösungsmittels abhängt, wie die Versuche mit alkoholischer und essigsaurer Jodlösung erweisen.

Einige Aussicht für einen Fall, eine wenn auch nur angenähert brauchbare Formel zu gewinnen, bieten die Resultate der Versuche mit wechselnden Kohlenmengen in Lösungen ein und derselben Substanz von einerlei Concentration.

Mit Lösungen der Gruppe I sind verschiedene Reihen von Versuchen in dieser Anordnung ausgeführt worden. Es wurde auf S. 12, 18 darauf hingewiesen, dass bei gleichbleibender Concentration der angewendeten Lösung die Adsorptionen, als Function der angewendeten Kohlenmenge dargestellt, regelmässig ansteigende Kurven bilden, welche für grosse Kohlenmengen wesentlich flacher ansteigen als für kleine und schliesslich in horizontaler Richtung asymptotisch verlaufen. Dies führt uns zu der Annahme, dass das Steigungsverhältnis der Kurve in jedem Punkt derselben proportional der noch in Lösung befindlichen Menge des betreffenden Körpers ist.

Ist A die ursprünglich vorhandene Menge des gelösten Körpers,
x die angewendete Kohlenmenge,
y die von derselben absorbierte Menge des gelösten Körpers,

so ist $\frac{dx}{dy}$ das Steigungsverhältnis der Kurve, und dieses muss nach unserer Annahme proportinal sein der Grösse (A—y). Wir erhalten also die Gleichung $\frac{dy}{dx} = \alpha\,(A-y)$, worin α eine Constante ist. Die Integration dieser Gleichung liefert:

$$-\log(A-y) = \alpha x + \text{cst.}$$

Für $x = 0$ ist auch $y = 0$, mithin ist $\text{const} = -\log A$

$$-\log(A-y) = \alpha x - \log A$$

$$\log \frac{A}{A-y} = \alpha x$$

$$y = A\left(1 - c^{-\alpha x}\right)$$

Führen wir statt der natürlichen Logarithmen die Briggs'schen ein, so erhält die Gleichung die Form:

$$\log_{e} 10 . \log_{10} \frac{A}{A-y} = \alpha x$$

$$\log \frac{A}{A-y} = \frac{\alpha}{\log_{e} 10} x$$

$$\text{Für } \frac{\alpha}{\log_{e} 10} = K, \text{ ist } \log \frac{A}{A-y} = Kx.$$

Wir wollen nun sehen, wie weit die durch Beobachtung ermittelten Zahlen dieser Gleichung genügen, und zwar sollen in erster Linie diejenigen Versuchsreihen zur Rechnung herangezogen werden, bei denen die grösste Gewähr geboten ist, dass der Gleichgewichtszustand hinreichend genau getroffen ist, d. i. die mit Pflanzenkohle in Jodlösungen bewirkten Adsorptionen (S. 15).

In den folgenden Tabellen enthält die Columne 5 die durch Beobachtung ermittelten Adsorptionen, Columne 6 die aus diesen Zahlen vermittelst der obigen Gleichung ausgerechneten Werte für die Constante K, und Columne 7 die mit Benutzung des Mittelwertes von K ausgerechneten Adsorptionen, welche sich von den durch Beobachtung ermittelten Zahlen um die in Columne 8 stehende Zahl unterscheiden.

Alkoholische Jodlösung, Pflanzenkohle.

1. Nummer der Versuchsreihe.	2. Procentgehalt der Lösung.	3. A	4. x	5. y gefunden	6. K	7. y berechnet	8. Differenz.
1	2,149 %	1,767 g	1,400 g	0,593 g	0,1268	0,596 g	+ 0,003
„	„ „	„ „	2,120 „	0,855 „	0,1335	0,819 g	— 0,036
„	„ „	„ „	3,328 „	1,123 „	0,1311	1,102 „	— 0,011
„	„ „	„ „	5,820 „	1,419 „	0,1213	1,447 „	+ 0,028
„	„ „	„ „	8,350 „	1,609 „	0,1256	1,615 „	0,006
Mittelwert $K_1 = 0,1275$.							
2	1,124 %	0,916 g	0,468 g	0,203 g	0,2325	0,187 g	— 0,016
„	„ „	„ „	0,754 „	0,301 „	0,2209	0,282 „	— 0,019
„	„ „	„ „	2,501 „	0,637 „	0,2064	0,645 „	+ 0,008
„	„ „	„ „	4,508 „	0,782 „	0,1852	0,814 „	+ 0,032
Mittelwert $K_2 = 0,2112$.							

Alkoholische Jodlösung, Pflanzenkohle.

1. Nummer der Versuchsreihe.	2. Procentgehalt der Lösung.	3. A	4. x	5. y gefunden	6. K	7. y berechnet	8. Differenz.
3	0,704 %	0,572 g	0,260 g	0,100 g	0,3210	0,101 g	+ 0,001
„	„ „	„ „	0,436 „	0,165 „	0,3390	0,160 „	— 0,005
„	„ „	„ „	0,628 „	0,214 „	0,3240	0,215 „	+ 0,001
„	„ „	„ „	1,034 „	0,304 „	0,3186	0,309 „	+ 0,005
„	„ „	„ „	2,003 „	0,445 „	0,3263	0,445 „	0.000
Mittelwert $K_3 = 0{,}3258$.							
4	0,529 %	0,429 g	0,246 g	0,093 g	0,4314	0,091 g	— 0,002
„	„ „	„ „	0,572 „	0,183 „	0,4222	0,183 „	0,000
„	„ „	„ „	0,885 „	0,250 „	0,4290	0,247 „	— 0,003
„	„ „	„ „	1,243 „	0,293 „	0,4013	0,301 „	+ 0,008
Mittelwert $K_4 = 0{,}4216$.							

Jod in Eisessig gelöst, Pflanzenkohle.

1. Nummer der Versuchsreihe.	2. Procentgehalt der Lösung.	3. A	4. x	5. y gefunden	6. K	7. y berechnet	8. Differenz.
1	1.695 %	1,804 g	0.951 g	0,586 g	0.1794	0,617 g	+ 0,031
„	„ „	„ „	1,411 „	0,846 „	0,1948	0,834 „	— 0,012
„	„ „	„ „	2,161 „	1,142 „	0,2014	1,107 „	— 0,035
„	„ „	„ „	2,773 „	1,283 „	0,1945	1,271 „	— 0,012
„	„ „	„ „	5.152 „	1,603 „	0,1849	1,617 „	+ 0,014
Mittelwert $K_1 = 0{,}1910$.							
2	0,836 %	0,883 g	0.372 g	0,190 g	0,2827	0,205 g	+ 0.015
„	„ „	„ „	1,252 „	0.530 „	0,3177	0,520 „	— 0,010
„	„ „	„ „	2,120 „	0,716 „	0,3406	0,700 „	— 0.016
„	„ „	„ „	3,480 „	0,800 „	0,2944	0,809 „	+ 0,009
Mittelwert $K_2 = 0{,}3088$.							
3	0,441 %	0,465 g	0,186 g	0,074 g	0,4046	0.082 g	+ 0.008
„	„ „	„ „	0,638 „	0.232 „	0,4703	0,225 „	— 0,007
„	„ „	„ „	1,310 „	0,351 „	0.4660	0,346 „	— 0,005
„	„ „	„ „	2,100 „	0,417 „	0,4608	0,413 „	— 0.004
Mittelwert $K_3 = 0{,}4504$.							

Wie man sieht, hat die Zahl K für Lösungen von einerlei Concentration ungefähr denselben Wert. Es ist auf S. 21 darauf hingewiesen worden, dass auch bei Jodlösungen eine Gewähr dafür, dass der Gleichgewichtszustand genau festgetellt ist, nur in beschränktem Masse vorhanden ist, und dass die gefundenen Adsorptionszahlen um 0,01 bis 0,02 g zu hoch oder zu niedrig angegeben sein können. Berücksichtigt man das, so darf es nicht verwundern, dass die Constante K in derselben Versuchsreihe nicht genau denselben Wert hat. Berechnet man mit Hülfe der obigen Gleichung für einen Mittelwert von K die betreffenden Adsorptionen, so erhält man Zahlen, die bis auf einige Ausnahmen den gefundenen Zahlen sehr nahe kommen, sodass wir annehmen können, dass bei sich gleichbleibenden Concentrationen die Abhängigkeit der Menge des adsorbierten Körpers von der angewendeten Kohlenmenge thatsächlich durch die obige Gleichung richtig ausgedrückt ist.

Wir wollen nun sehen, in wie weit die bei den anderen Lösungen beobachteten Erscheinungen der obigen Gleichung genügen. Es sollen diejenigen (auf S. 11 und 14 mitgetheilten) Versuchsreihen genommen werden, welche die meisten Beobachtungen enthalten und bei denen eine Gewähr für die Zuverlässigkeit der Zahlen vorliegt.

Bromwasser, Pflanzenkohle.

1. A	2. x	3. y gefunden	4. K	5. y berechnet	6. Differenz.
3,318 g	0,618 g	1,143 g	0,2968	1,009 g	— 0,134
„ „	1,1325 „	1,382 „	0,2066	1,595 „	+ 0,213
„ „	1,564 „	1,830 „	0,2226	1,975 „	+ 0,145
„ „	2,057 „	2,195 „	0,2239	2,308 „	0,113
„ „	2,560 „	2,469 „	0,2312	2,563 „	0,094
„ „	3,987 „	2,995 „	0,2537	2,987 „	— 0,008
„ „	5,637 „	3,289 „	0,3651	3,191 „	— 0,098

Mittelwerk K = 0,2571.

Chlorwasser, Zuckerkohle.

1. A	2. x	3. y gefunden	4. K	5. y berechnet	6. Differenz.
0,503 g	0,0755 g	0,093 g	1,1766	0,081 g	— 0,012
„ „	0,134 „	0,128 „	0,9489	0,136 „	+ 0,008
„ „	0,166 „	0,162 „	1,0189	0,162 „	0,000
„ „	0,205 „	0,178 „	0,9243	0,192 „	+ 0,014
„ „	0,337 „	0,271 „	0,9970	0,275 „	+ 0,004
„ „	0,388 „	0,281 „	0,9113	0,301 „	+ 0,020
„ „	0,756 „	0,436 „	1,1516	0,418 „	— 0,018

Bei Chlorwasser ist die Uebereinstimmung der gefundenen mit den berechneten Zahlen eine verhältnismässig gute, wenn man berücksichtigt, dass in Folge der Unbeständigkeit der Lösung genaue Resultate kaum erzielt werden konnten. Dagegen ist bei Bromwasser die Uebereinstimmung eine sehr schlechte. Der Wert von K schwankt innerhalb sehr weiter Grenzen. Allerdings können die bei Bromwasser beobachteten Zahlen unter allen anderen den geringsten Anspruch auf Genauigkeit machen. Auf Grund dessen können wir auch hier annehmen, dass im allgemeinen die Abhängigkeit der adsorbierten Mengen von den angewendeten Kohlenmengen durch die obige Gleichung richtig ausgedrückt ist.

Für die Versuche mit Lösungen der Gruppen II, III und IV nimmt die Gleichung $\log \frac{A}{A - y} = Kx$ eine spezielle Form an. Die Adsorption ist bei diesen Lösungen durchweg sehr gering, in Folge dessen verschwindet in der Gleichung $\frac{dy}{dx} = \alpha\ (A - y)$, y neben A, der Ausdruck A — y wird dadurch zu einer Constanten, und die Gleichung nimmt die Form an:

$$\frac{dy}{dx} = c$$

$$y = cx + \beta:$$

d. h. als Function der angewendeten Kohlenmenge, dargestellt bilden die Adsorptionszahlen eine gerade Linie. Dieses Resultat ist ebenfalls durch die Versuche bestätigt.

Stellen wir die für Jodlösungen verschiedener Concentration berechneten Werte von K neben einander, so zeigt sich, dass

dieselben veränderlich sind mit der Concentration, sowie abhängig von der Art der Lösung. Es ist in einer alkoholischen Jodlösung

für $p = 2{,}149\ \%$ $K = 0{,}127$
„ $p = 1{,}1236\ \%$ $K = 0{,}211$
„ $p = 0{,}704\ \%$ $K = 0{,}326$
„ $p = 0{,}529\ \%$ $K = 0{,}421.$

In einer Eisessig-Lösung von Jod ist

für $p = 1{,}695\ \%$ $K = 0{,}191$
„ $p = 0{,}836\ \%$ $K = 0{,}308$
„ $p = 0{,}441\ \%$ $K = 0{,}450:$

d. h. die Constante K nimmt zu mit abnehmender Concentration. Trägt man auf einem rechtwinkligen Coordinatensystem die reciproken Werte des Procentgehaltes

$$\frac{1}{p} = \frac{1}{2{,}149} = 0{,}465,\ \frac{1}{1{,}124} = 0{,}89,\ \frac{1}{0{,}704} = 1{,}42\ \frac{1}{0{,}529} = 1{,}89$$

für alkoholische und

$$\frac{1}{p} = \frac{1}{1{,}695} = 0{,}59,\ \frac{1}{0{,}836} = 1{,}19,\ \frac{1}{0{,}441} = 2{,}27$$

für Essigsäure-Lösung als Abscissen und die zugehörigen Werte von K als Ordinaten ab, so fallen die verbindenden Linien nahezu in eine in positiver Richtung ansteigende Gerade, und es lässt sich, wenn man die Gleichung derselben aufstellt, mit hinreichender Genauigkeit eine Interpolationsformel dafür geben, welche die Form haben würde

$$K_x = \frac{K_2 - K_1}{\frac{1}{p_2} - \frac{1}{p_1}} \frac{1}{p_x} + \beta.$$

worin K_x die dem Procentgehalt p_x entsprechende, K_2 und K_1 die den Procentgehalten p_2 und p_1 entsprechenden Adsorptionskonstanten sind.

In dem Vergleich der Constanten K haben wir somit ein Mittel, uns eine Anschauung davon zu verschaffen, wie die Adsorption sich ändert mit der Art der angewendeten Kohle, der Art der Lösung und der Concentration derselben.

Aus dem Vorstehenden geht hervor, dass unter gewissen Voraussetzungen in der Anordnung der Versuche thatsächlich bei den Adsorptionserscheinungen Gesetzmässigkeiten erkennbar sind, die sich mit ziemlicher Genauigkeit mathematisch formulieren lassen. Es muss späteren Untersuchungen überlassen bleiben, einige Fragen, die sich aus obigen Erörterungen ergeben, weiter zu verfolgen.

Vorstehende Arbeit wurde in dem Laboratorium der Königl. Landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin ausgeführt. Dem Leiter desselben, Herrn Geh. Rat Professor Dr. Landolt, dem ich die Anregung zu dieser Untersuchung verdanke, und der mich bei Ausführung derselben durch seinen Rat gefördert hat, bin ich zu besonderem Dank verpflichtet.

Vita.

Natus sum Conradus Kroeker, Silesius, Herrnstadti, quod oppidum in pago Guhraviensi est situm, die primo mensis januarii anni h. s. LXVII, patre Sigismundo, quem jam defunctum valde lugeo, matre Amalia e gente Stein, quam vivam magnopere veneror. Fidei addictus sum evangelicae.

Primis litterarum elementis imbutus Herrnstadti, in schola, quae tum appellabatur „Bürgerschule“, a vere anni h. s. LXXIX Wratislaviae gymnasium reale frequentavi, quod dicitur „zum heiligen Geist“. Ubi vere a. h. s. LXXXVII maturitatis testimonium assecutus, ordini philosophorum Universitatis Litterarum Fridericae-Guilelmae Berolinensis adscriptus sum, ubi per novem semestria studiis mathematicis et rerum naturalium operam dedi.

Praeceptores mihi fuerunt:

Dilthey, Ebbinghaus, Finkener, Freund, Friedheim, Fuchs, Gabriel, Grunmach, de Helmholtz, Hettner, Knoblauch, Kundt, Landolt, Marckwald, Netto, Paalzow, Planck, Rammelsberg, Sell, Traube, Wittmack.

Quibus viris omnibus bene de me meritis imprimis autem viro celeberrimo H. Landolt gratias ago quam maximas.

Thesen.

1. Die Ferrocyanverbindungen sind nicht als Doppelsalze, sondern als Salze der Ferrocyanwasserstoffsäure aufzufassen.
2. Die beobachtete Verschiedenheit der Adsorptionswirkung der Kohle gegen den electropositiven und — negativen Bestandteil gelöster Salze findet durch die Theorie der electrolyptischen Dissociation eine befriedigende Erklärung.
3. Das Problem der Stereochemie des Stickstoffs bedarf zu seiner Bestätigung gesicherterer Grundlagen als zur Zeit dafür vorhanden sind.